

Elisa Vähäkangas ja Niina Myllylahti

**HENKILÖKUNNAN SÄTEILYALTISTUS C-KAARIAVUSTEISISSA
TRAUMAKIRURGISISSA LEIKKAUKSISSA**

HENKILÖKUNNAN SÄTEILYALTISTUS C-KAARIAVUSTEISISSA TRAUMAKIRURGISISSA LEIKKAUKSISSA

Elisa Vähäkangas ja Niina Myllylahti
Kevät 2014
Radiografian ja sädehoidon
koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Tekijät: Elisa Vähäkangas ja Niina Myllylahti
Opinnäytetyön nimi: Henkilökunnan säteilyaltistus C-kaariavusteisissa traumakirurgisissa leikkauksissa
Työn ohjaajat: Anja Henner ja Anneli Holmström
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014
Sivumäärä: 52 + 35 liitesivua

C-kaari on liikuteltava läpivalaisulaite, jonka toiminta perustuu röntgensäteilyyn. Säteilyn käyttö leikkaussaleissa on mahdollistanut vähemmän kajoavien toimenpiteiden suorittamisen. Työperäinen säteilyaltistus paitsi kirurgien kohdalla myös muiden leikkaussalissa työskentelevien kuten leikkaussalihoitajien, anestesiahoitajien ja opiskelijoiden kohdalla on kuitenkin kasvanut.

Tutkimuksemme tarkoituksena on kuvailla leikkaussalihenkilökunnan saamaa säteilyaltistusta traumakirurgisten leikkausten yhteydessä kirurgista C-kaarta käytettäessä. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää säteilynkäytön turvallisuuskulttuuria leikkaussaliympäristössä lisäämällä henkilökunnan tietoutta säteilyaltistuksesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Tutkimuksessa mitattiin leikkaussalihenkilökunnalle aiheutuneita säteilyannoksia sekä säteilyn annosnopeuksia Oulun Yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosastolla. Mittaukset tehtiin DoseAware - järjestelmällä, jolla voidaan mitata annosnopeus tietyllä hetkellä sekä yhden toimenpiteen aikana saatu säteilyannos. Mittarit sijoitettiin kirurgin, instrumenttihoitajan, lääkintävahtimestarin ja anestesiahoitajan lyijysuojaimiin. Leikkaustilanteet havainnoitiin kahden havainnoijan avulla.

Tutkimusaineisto koostuu kymmenestä leikkauksesta. Eniten säteilylle altistui kirurgi ja vähiten anestesiahoitaja. Instrumenttihoitajan ja lääkintävahtimestarin säteilyannokset jäivät edellä mainittujen henkilökunnan jäsenten annosten väliin. Säteilyannosten erot henkilökunnan jäsenten välillä selittyvät lähinnä heidän etäisyydellään säteilynlähteeseen. Kirurgi oli sijoittuneena keskimäärin noin 0,5 metrin päähän, instrumenttihoitajan ja lääkintävahtimestarin etäisyys vaihteli 1-2 metrin välillä ja anestesiahoitajan etäisyys oli keskimäärin 2 metriä.

Henkilökunnan tulee noudattaa säteilyturvallisia työskentelytapoja C-kaariavusteisissa leikkauksissa. Tutkimus osoittaa erityisesti, kuinka tärkeä tekijä etäisyys on henkilökunnan oman säteilyaltistuksen optimoinnissa. Jatkotutkimushaasteena voisi olla samalla menetelmällä mitaten henkilökunnan säteilyannoksia vain tietynlaisissa leikkauksissa.

Asiasanat: säteilysuojelu, säteilyturvallisuus, säteilyannokset, leikkaussali, C-kaari

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy

Authors: Elisa Vähäkangas and Niina Myllylahti
Title of thesis: Radiation Exposure of Personnel in Operating Room During C-arm Guided Surgery
Supervisors: Anja Henner and Anneli Holmström
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014
Number of pages: 52 + 35 appendices

Mobile C-arm is an x-ray imaging device, which is used when viewing a real-time process within the human body. The use of radiography in operating room suite has allowed less invasive procedures to be accomplished. Due to the use of radiation in operating room has increased, the occupational exposure has also increased and affects not only the surgeons but also other personnel in the operating room.

The purpose of this study is to describe how much the personnel in operating room are exposed to radiation. The aim of this study is to improve the occupational radiation protection while using radiation in operating room. This study increases the knowledge of personnel about their own radiation exposure and the factors which affect the radiation dose.

The radiation doses were measured in Oulu University Hospital in Operating Unit. The measurements were done by using DoseAware dosimeters. Dosimeters were above the lead apron of surgeon, instrumental nurse, anesthetic nurse and the person who uses the C-arm. The surgeries were also observed behind the operation room window during the C-arm use.

This study shows that the surgeon's radiation exposure is the highest. Instrumental nurse and the person who uses the C-arm are exposed less. Anesthetic nurses radiation exposure was the lowest. The differences between the staff members' radiation doses are caused by their different distances to source of radiation.

It is important to personnel in operating room to know how to protect themselves from radiation. This study clearly shows that it is important to take distance to source of radiation while using C-arm.

Keywords: radiation protection, radiation safety, radiation dose, operating room, C-arm

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 SÄTEILYN KÄYTTÖ LEIKKAUSSALISSA	8
2.1 C-kaaren rakenne ja ominaisuudet	8
2.2 Säteilyturvallisuus C-kaaren käytössä.....	10
2.3 Leikkaussalihakilökuunnan säteilyaltistus	13
2.4 Leikkaussalihakilökuunnan säteilyaltistuksen seuranta.....	15
2.5 Leikkaussalihakilökuunnan säteilykoulutus	18
3 TUTKIMUSONGELMAT.....	22
4 TUTKIMUSMETODOLOGIA	23
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	24
5.1 Aineiston keruu DoseAware – mittareiden avulla	26
5.2 Leikkausten havainnointi C-kaaren käytön aikana	28
5.3 Aineiston analysointi	28
6 TUTKIMUSTULOKSET	29
6.1 Hakilökuunnan säteilyannokset traumakirurgisten leikkausten aikana	31
6.2 Leikkaussalihakilökuunnan sijoittuminen leikkausten aikana, ja sen vaikutus säteilyaltistukseen.....	34
7 TUTKIMUSTULOSTEN YHTEENVETO	37
8 POHDINTA	38
8.1 Tulosten tarkastelu.....	38
8.1.1 Leikkaussalihakilökuunnan säteilyaltistus traumakirurgisten leikkausten yhteydessä	38
8.1.2 Hakilökuunnan sijoittuminen ja toiminta säteilyn käytön aikana	41
8.2 Tutkimuksen luotettavuus	43
8.3 Tutkimustulosten hyödynnettävyys	44
8.4 Omat oppimiskokemukset ja jatkokehitysideat.....	45
LÄHTEET	47
LIITE 1	53
LIITE 2.....	59

1 JOHDANTO

Säteilyn käyttö leikkaussaleissa on mahdollistanut vähemmän kajoavien toimenpiteiden suorittamisen sekä antanut uusia mahdollisuuksia erilaisten tuki- ja liikuntaelimistön sairauksien ja vammojen hoitoon. Intraoperatiivinen läpivalaisu on erilaisten murtumien leikkauksissa melkein välttämättömyys. Työperäinen säteilyaltistus sekä kirurgien että myös muiden leikkaussalissa työskentelevien kuten leikkaussalihoitajien, anestesiahoitajien ja opiskelijoiden kohdalla on kasvanut viime vuosina. (Agarwal 2011, 220; EMAN 2012, hakupäivä 16.4.2014.)

International Commission on Radiological Protection (ICRP) julkaisun 85 (2000) mukaan läpivalaisua käyttävä henkilökunta altistuu säteilylle eniten koko hoito-henkilökunnasta. Kirurgien saamat säteilyannokset voivat kasvaa suuriksi, sillä he työskentelevät lähellä säteilynlähdettä. Erityisesti kädet ja silmät ovat alttiina säteilylle. (Tsalafoutas, Tsapaki, Kaliakmanis, Pneumaticos, Tsoronis, Koulentianos & Papachristou 2008, 115.) ICRP ja International Atomic Energy Agency (IAEA) ovat viime aikoina osoittaneet paljon kiinnostusta juuri läpivalaisua käyttävien henkilöiden säteilysuojeluun. Esimerkiksi ICRP julkaisu 117 (2010) sisältää suosituksia koskien säteilyn käyttöä röntgenosastojen ulkopuolella.

Tutkimuksemme tarkoituksena on kuvailla leikkaussalihenkilökunnan saamaa säteilyaltistusta traumakirurgisten leikkausten yhteydessä kirurgista C-kaarta käytettäessä. Tavoitteena on kehittää säteilynkäytön turvallisuuskulttuuria leikkaussaliympäristössä lisäämällä henkilökunnan tietoutta säteilyaltistuksestaan ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Tutkimuksen taustalla on Oulun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveystieteiden yksikön ja Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) monipuolinen yhteistyö. Opin- näytetyön aihe on lähtöisin keskusleikkausosaston henkilökunnan omasta mielenkiinnosta kehittää työskentelytapojaan ja säteilynkäytön turvallisuuskulttuuria osastolla. Saimme aiheen koulutusohjelmamme radiografian ja sädehoidon yliopettajalta Anja Henneriltä, joka opettaa ST-ohjeen 1.7/2012 mukaista perus-

koulutusta C-kaarta työssään käyttäville. Koulutusohjelmaamme hankitulla DoseAware - järjestelmällä voidaan mitata sironnutta säteilyä reaaliajassa. Uuden laitehankinnan myötä heräsi ajatus, voisiko laitteella mitata leikkaussalihenkilökunnan säteilyaltistusta C-kaariavusteisten leikkausten aikana.

Teimme tutkimuksen yhteistyössä Oulun yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosaston henkilökunnan kanssa, joten tutkimuksestamme on hyötyä erityisesti heille. Tutkimustulosten avulla he saavat lisää tietoa säteilyaltistuksestaan, mikä osaltaan motivoi heitä sitoutumaan enemmän turvallisiin työkäytänteisiin C-kaarta käytettäessä. Tutkimuksemme voi olla myös aineistona myöhemmissä tutkimuksissa tai koulutusmateriaalina. Tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi leikkaussalihenkilökunnan säteilysuojelukoulutuksessa.

2 SÄTEILYN KÄYTTÖ LEIKKAUSSALISSA

Leikkaussaleissa tehtävät läpivalaisuohjatut toimenpiteet ovat viime vuosina merkittävästi lisääntyneet ja lisääntyvät edelleen, eikä potilaiden ja leikkaussali-henkilökunnan säteilyaltistuksesta ole riittävästi tietoa (EMAN 2012, hakupäivä 16.4.2014). Leikkaussalissa käytetään pääsääntöisesti liikuteltavia C-kaari -läpivalaisulaitteita. Oulun Yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosastolla C-kaarta käytetään muun muassa traumakirurgisissa, ortopedisissä ja sydän- ja verisuonileikkauksissa.

2.1 C-kaaren rakenne ja ominaisuudet

C-kaari on liikuteltava läpivalaisulaite, jolla saadaan kuvattua dynamiikkaa reaaliajassa. Sen avulla voidaan kuvata liikkuvia kehonosia ja kehon sisäisiä rakenteita. Tyypillisesti C-kaarta käytetään apuna esimerkiksi traumaleikkauksissa, ortopedisissä leikkauksissa, urologiassa, gastrokirurgiassa ja sydän- ja verisuonileikkauksissa. (Davros 2007, 44) Suomalaisissa leikkaussaleissa yleisimmin säteilyä hyödynnetään ortopedisissä ja traumatologisissa toimenpiteissä. Muita toimenpiteitä, joissa läpivalaisua hyödynnetään, ovat muun muassa urologian ja lasten toimenpiteet. (Heikkilä 2013, 10–11.)

C-kaari on nimensä mukaan C:n muotoinen. Kaaren toisessa päässä on kuvanvahvistin ja toisessa röntgenputki, jotka ovat aina vastakkaisissa päissä kaarta. Kaarta voidaan liikutella moniin eri suuntiin, ja haluttu kuvaussuunta voidaan helposti kääntää. Säteilynlähde on röntgenputki kuten tavallisessa natiiviröntgenlaitteessa. Röntgenputki on tyhjiö, jossa röntgensäteily synnytetään. Röntgensäteitä syntyy kiihdyttämällä elektroneja, jotka ovat irrottautuneet kuumasta hehkulangasta eli katodista, kohti volframista valmistettua anodilautasta (röntgenputken kohtio), johon ne törmäävät putkijännitteen suuruudesta (röntgen diagnostiikassa noin 25–150 kV) riippuen noin 0,3–0,6 -kertaisella valonnopeudella. Elektronit kiihdytetään kytkemällä katodin ja anodin välille suurjännite (putki-jännite). Kun elektronit törmäävät anodilautaseen, osa elektroneista rea-

goi anodin atomien uloimpien elektronien kanssa tuottaen lämpöä. Loput elektronit käyvät anodiaineen atomien ydinten vaikutuskentässä tai irrottavat elektronin atomien sisimmältä elektronikentältä. Molemmat näistä vuorovaikutuksista synnyttävät röntgensäteilyä. Muuttamalla jännitettä (kV) voidaan kontrolloida röntgensäteilyn energian voimakkuutta. C-kaarella kuvattaessa käytetään yleensä 40 - 110 kilovoltin jännitettä. Muuttamalla katodilta anodille virtaavien elektronien määrää eli muuttamalla virtaa (milliampeeri, mA) voidaan vaikuttaa tuotetun röntgensäteilyn määrään. Nykyaikaisissa läpivalaisulaitteissa milliampeeria voidaan vaihdella alle yhdestä milliampeerista tuhanteen milliampeeriin riippuen kuvattavan kohteen paksuudesta ja siitä, kuinka tarkkaa kuvaa kohteesta on tarpeellista saada. (Davros 2007, 45; Tapiovaara, Pukkila & Miettinen 2004, 21.)

Läpivalaisun aikana annosnopeusautomaatiikka säättää röntgenputken jännitettä ja virtaa (kV ja mA), jotta monitorilla näkyvä kuva säilyy kirkkaudeltaan mahdollisimman vakiona kohteen paksuudesta riippumatta (Tapiovaara ym. 2004, 42–43). Yleisesti on kolme tapaa, miten annosnopeusautomaatiikka toimii. Useimmiten käytetään automatiikkaa, joka säättää sekä virtaa että jännitettä. Kuvan kontrasti on tärkeää esimerkiksi käytettäessä varjoainetta. Jännite voidaan ”lukita” ja laite automaattisesti säättää virtaa toimenpiteen aikana. Pitämällä jännite vakio-
tasolla voidaan parantaa kuvan kontrastia varjoainetta käytettäessä. Joissakin läpivalaisulaitteissa voidaan vaikuttaa kuvan kirkkauteen säätämällä pulssin kestoa ja käytettävää virtaa. (Davros 2007, 50.)

Nykyisin C-kaarissa kuvareseptorina on yleensä taulukuvailmaisoin (flat panel detector), mutta myös kuvanvahvistimella olevia on vielä käytössä. Laitteissa on CCD-detektori (CCD-kamera) eli digitaalinen videokamera. Jatkuva läpivalaisua käytetään, kun halutaan nähdä tarkasti esimerkiksi neulan liikkuminen kohteessa. Kun läpivalaisukytkintä painetaan, läpivalaisu on jatkuvasti päällä. Tällöin kuva näkyy reaaliajassa monitorilla. Kun kytkin vapautetaan, sen hetkinen kuva jää näkyviin monitorille (LIH=Last image hold). Kuvattaessa voidaan myös käyttää pulssaavaa läpivalaisua, jolloin säteily annetaan lyhyinä pulssina, esimerkiksi 1–25 pulssia sekunnissa. Pulssien välillä monitorilla näytetään viimeksi otetusta pulssista saatua kuvaa, jolloin vältetään kuvan häiritsevältä

välkkymiseltä. Pulssaus antaa mahdollisuuden pienentää sekä potilaan että henkilökunnan säteilyaltistusta. Saman tekniikan avulla saadaan jätettyä viimeinen läpivalaisukuva monitorille näkyviin, vaikka säteily on katkaistu. Snap shot, one shot, DR läpivalaisua eli yksittäispulssi läpivalaisua ei suositella käytettävän. Kuva otetaan korkealla virralla ja yhden pulssin kesto on pidempi eli potilaan saama annos on iso. Kytöntä painaessa saadaan yksi läpivalaisujakso, säteily katkeaa vaikka kytöntä pidetään läpivalaisuasennossa. (Davros 2007, 49; EMAN 2012, 27; Tapiovaara ym. 2004, 42.)

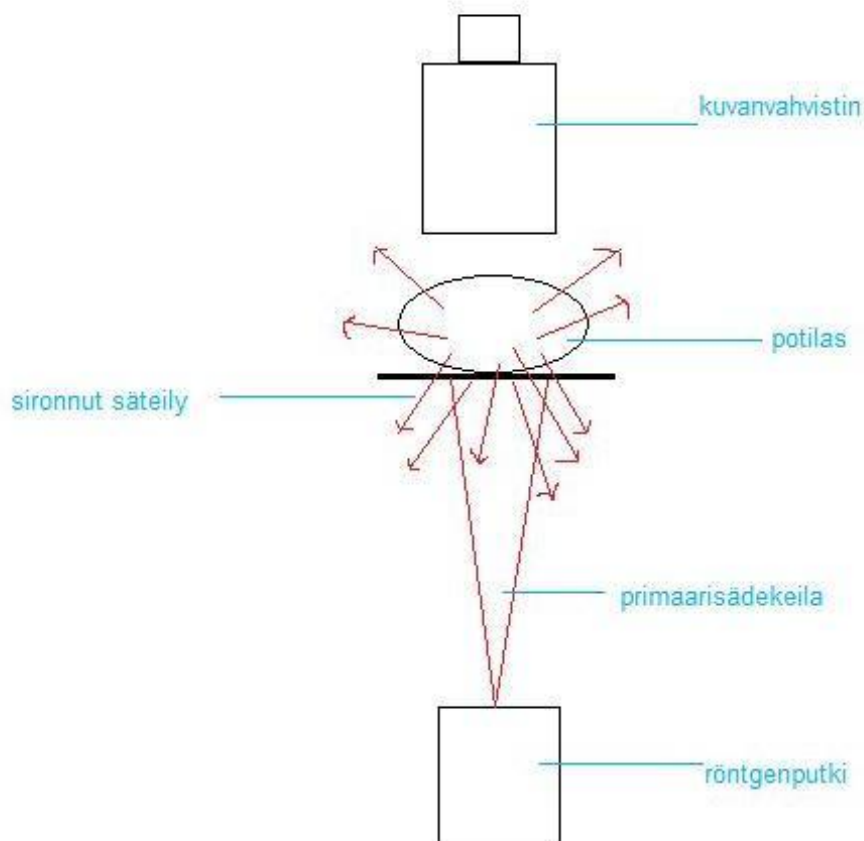
Uusien C-kaarien käytössä ongelmana on, että laitevalmistajat valitsevat ohjelmiin suurimmat pulssausnopeudet, koska halutaan pitää kohina minimissä. Kun kuvan laatu on hyvä, käyttäjät ovat tyytyväisiä. Siksi onkin hyvä muistuttaa käyttöönoton yhteydessä laitevalmistajia asentamaan annosta säästäviä -ohjelmia. (Manninen 2011, 50.)

2.2 Säteilyturvallisuus C-kaaren käytössä

Säteilylain 592/91 2 § mukaan säteilytoiminta on hyväksyttävää, kun se noudattaa seuraavia periaatteita: toiminnalla saavutettava hyöty on suurempi kuin toiminnasta aiheutuva haitta (oikeutusperiaate), toiminta toteutetaan siten, että siitä aiheutuva terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään mahdollisimman alhaisena (optimointiperiaate) sekä yksilön säteilyaltistus ei ylitä enimmäisarvoja (yksilönsuojaperiaate).

Säteilyä on kahdenlaista: hiukkassäteilyä ja sähkömagneettista säteilyä. Röntgensäteily on sähkömagneettista säteilyä. Lisäksi se on ionisoivaa säteilyä, mikä tarkoittaa sitä, että sillä on kyky irrottaa elektroni väliaineen elektronikehältä. (Jurvelin 2005, 15–16.) Tämän tapahtuessa ihmiskudoksessa säteilyllä voi olla haittavaikutuksia. Deterministisellä haittavaikutuksella tarkoitetaan reaktiota, joka syntyy nopeasti säteilylle altistumisen jälkeen. Vaurio voi tulla vain kun määrätty kynnysarvo ylittyy. Deterministisiä vaikutuksia voi olla esimerkiksi ihovaurio. Stokastiset haitat taas voivat syntyä pienestäkin säteilyaltistuksesta eli niillä ei ole kynnysarvoa. Todennäköisyys kuitenkin kasvaa altistuksen kasvaessa. Tunnetuin stokastinen säteilyn haittavaikutus on syöpä. (Paile 2005, 78.)

Röntgensäteily reagoi edetessään väliaineessa paitsi absorboitumalla väliaineeseen myös siroamalla eli muuttamalla suuntaa (Jurvelin 2005, 13). Leikkaussalihenkilökunta ei työskentele primaarisädekeilassa eli rajatulla alueella, johon säteily on kohdennettu vaan erityisesti sironnut säteily aiheuttaa leikkaussalihenkilökunnalle säteilyaltistusta. Kuviossa 1 on esitetty, miten röntgensäteily siroaa C-kaarta käytettäessä.



KUVIO 1. Röntgensäteilyn siroaminen C-kaarta käytettäessä (mukaillen, Säteilysuojelu leikkaussalissa, EMAN).

Säteilyturvallisuus ja säteilyaltistuksen minimoiminen ovat hyvin tärkeitä tekijöitä C-kaarta käytettäessä, koska leikkaussaliolosuhteissa henkilökunta on valvonta-alueella. Valvonta-alueeksi määritellään työtilat, joissa työntekijälle aiheutuva efektiivinen annos voi olla suurempi kuin 6 mSv vuodessa, silmän mykiön ekvivalenttiannos suurempi kuin 45 mSv vuodessa ja ihon, käsien ja jalkojen ekvi-

valenttiannos suurempi kuin 150 mSv vuodessa, kun otetaan huomioon myös poikkeavien tilanteiden mahdollisuus. (Säteilyturvallisuus työpaikalla 2009, 6.)

Ekvivalenttiannos ja efektiivinen annos ovat suureita, joita käytetään säteilysuojelussa säteilyn haittavaikutusten arvioimiseen. Ekvivalenttiannos on säteilystä kudokseen tai elimeen massayksikköä kohti keskimäärin siirtyneen energian ja säteilyn painotuskertoimen tulo. Efektiivisellä annoksella tarkoitetaan kudosten painotuskertoimilla kerrottujen ekvivalenttiannosten summaa. (Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet 2007, 3, 8.)

Säteilyaltistuksen suuruus on suoraan verrattavissa läpivalaisuaikaan. Tämän vuoksi leikkaussaliolosuhteissa sekä potilaan että henkilökunnan säteilyaltistus riippuu siitä, kuinka paljon C-kaarta käytetään toimenpiteiden ja leikkausten yhteydessä. Läpivalaisuaajan pitäminen mahdollisimman lyhyenä vaatii toimenpiteiden tarkkaa suunnittelua sekä nopeaa päätöksentekoa toimenpiteiden aikana. Käyttämällä toimintoa, jolla voidaan jättää viimeinen kuva kuvaruutuun (Last image hold), tallentamalla kuvadataa sekä käyttämällä pulssattua läpivalaisua, voidaan vähentää läpivalaisuaikaa. (Davros 2007, 52; Wirtanen 2012, 48.)

Etäisyys on merkittävä tekijä säteilyaltistuksen optimoinnissa C-kaarta käytettäessä. Maksimoimalla säteilynlähteen ja potilaan etäisyys voidaan vähentää potilaan saamaa säteilyannosta. Myös säteilynlähteen ja toimenpiteeseen osallistuvan henkilökunnan etäisyys tulisi maksimoida, mikä on yksi merkittävimmistä yksittäisistä tekijöistä, joilla voidaan vähentää henkilökunnan säteilyaltistusta. (Davros 2007, 52; Agarwal 2011, 221-222; Wirtanen 2012, 48)

Optimoimalla kuvausarvot voidaan vähentää sekä potilaan että hoitohenkilökunnan saamaa säteilyaltistusta. Virran kasvaessa potilaan säteilyannos kasvaa, mikä vaikuttaa myös henkilökunnan säteilyaltistukseen. Liian pieni virta taas ei riitä muodostamaan kuvaa, koska kuvareseptorille ei tule tarpeeksi säteilyä. Myös putkijännite (kVp) vaikuttaa sironneen säteilyn määrään. Sekä virta että jännite on siis pidettävä optimaalisella tasolla, jotta potilaan ja henkilökun-

nan säteilyaltistus on mahdollisimman pieni kuvanlaadun ollessa kuitenkin riittävä. (Davros 2007, 52.)

Sironneen säteilyn määrä riippuu siitä, kuinka suuri alue altistetaan säteilylle. Rajaamalla kuvausalue mahdollisimman pieneksi voidaan vähentää sironneen säteilyn määrää. Tämä vaikuttaa positiivisesti kuvanlaatuun, koska kuvareseptorille ei pääse niin paljon sironnutta säteilyä. Kuvausalueen rajaaminen koetaan usein kuitenkin vaikeaksi. Toimenpiteen tekijät kokevat helpommaksi laajan kuvan, jotta he näkevät ”kaiken”. Suurenuskuvien ottamista tulisi myös välttää C-kaarta käytettäessä, koska se lisää säteilyn määrää. (Davros 2007, 52–53; Wirtanen 2012, 47.)

Säteilysuojainten käyttö on tärkeää henkilökunnan säteilysuojelun kannalta. Leikkaussaleissa ei ole käytössä kiinteitä lyijysuojia. C-kaarta käytettäessä henkilökunnan on suojattava säteilylle herkäät elimet lyijysuojaimilla eli lyijyhameella ja –liivillä tai lyijyessulla sekä kilpirauhassuojalla. Suositeltavaa olisi käyttää myös erikoissuunniteltuja lyijylaseja, joilla pystytään rajoittamaan silmien annosta. Leikkaussaliolosuhteissa erilaiset liikuteltavat lyijysuojaseinät ovat myös käytännöllisiä. Henkilökunta voi mennä suojan taakse C-kaaren käyttöhetkellä. (Davros 2007, 53; Agarwal 2011, 222; Wirtanen 2012, 48-49.)

2.3 Leikkaussalihenkilökunnan säteilyaltistus

Tiedetään, että läpivalaisuohjatuissa toimenpiteissä työskentelevät altistuvat eniten säteilylle koko hoitohenkilökunnasta (International commission on radiological protection 2000). Toimenpideradiologeilla ja kardiologeilla on mitattu suurimmat säteilyannokset hoitohenkilökunnasta. Kehittynyt tekniikka lisää leikkauksien määrää ja antaa mahdollisuuden tutkia haastavampia klinisiä ongelmia. On tärkeää, että annoksia seurataan tehokkaasti, sillä toimenpideradiologiassa saadut annokset ovat isoja. Eniten säteilylle alttiita kudoksia ovat pää, erityisesti silmät ja kilpirauhanen sekä kädet ja jalat. Kirurgien käsien saama säteilyannos on huolenaihe, koska kirurgit työskentelevät lähellä säteilykeilaa, ja välinpitämättömät työskentelytavat voivat lisätä käsien annosta merkittävästi. (Martin 2011, 639.)

Henkilökunnan säteilyaltistus riippuu siitä, kuinka hyvin he osaavat suojautua säteilyltä toimenpiteiden aikana. Säteilysuojaimien käyttö vähentää merkittävästi leikkaussalihenkilökunnan säteilyaltistusta. Esimerkiksi lyijysuojaimen käyttö vähentää säteilyannosta kuudestoistaosaan. Myös etäisyys on tutkitusti hyvä keino vähentää säteilyaltistusta. Leikkaussalitalanteessa etäisyyden kasvaessa 0,25 metriä työntekijän ja säteilyn lähteen välillä työntekijän säteilyannos vähennee 57 % silmien ja ihon osalta (Theocharopoulos, Perisinakis, Damilakis, Papadokostakis, Hadjipavlou & Gourtsoyiannis 2003, 1700).

Theocharopoulos (2003) ym. tutkivat ortopedien säteilyaltistusta fantomin avulla toteutetussa tutkimuksessa. Tutkimuksessa simuloitiin neljää erilaista projektiota: lonkan posterior-anterior (PA) ja lateraali sekä selkärangan anterior-posterior (AP) ja lateraali. Mittaustulosten avulla laskennallisesti määritettiin ortopedien säteilyannoksia tyypillisimmissä lonkan ja selkärangan leikkauksissa sekä kyfoplastia-toimenpiteessä. Tutkimuksen mukaan ortopedin efektiivinen annos, kun lyijysuojaimia on käytetty, on lonkkaleikkauksessa 2,43 μSv , selkärangan leikkauksessa 8,41 μSv ja 96 μSv kyfoplastia-toimenpiteissä.

Tsalafoutas ym. (2008) tutkimuksessa määritettiin laskennallisesti kirurgille siironeesta säteilystä aiheutuneita annoksia. Tutkimustulosten mukaan kirurgin keskimääräinen annos lonkkaleikkauksessa on 0,44 mGy käsille, 0,10 mGy rinnan kohdalla, 0,06 mGy kilpirauhaselle, 0,05 mGy silmille, 0,28 mGy sukupuolirauhasille ja 0,19 mGy jaloille. Henkilökunnalle, joka on 1 metrin päässä säteilylähteestä, laskettiin aiheutuvan 0,060 mGy annos käsille, 0,040 mGy annos rinnan kohdalla, 0,029 mGy kilpirauhaselle, 0,026 mGy silmille, 0,075 mGy sukupuolirauhasille ja 0,079 mGy jaloille.

Harstall, Heini, Mini & Orlor (2005) ovat tutkineet kirurgille aiheutuneita säteilyannoksia vertebroplastia leikkausten aikana. Tutkimuksessaan he mittasivat kahden kirurgin säteilyaltistusta kolmen kuukauden ajalta. Säteilymittarit oli kiinnitetty lyijysuojaimien päälle kilpirauhasuojaan, niskaan, otsalle ja vasempaan yläraajaan. Myös kirurgin molemmissa käsissä oli sormiannosmittarit. Tulosten mukaan kumulatiiviset säteilyannokset 32 toimenpiteen jälkeen olivat seuraavat:

otsa 2,7 mSv, vasen yläraaja 11,4 mSv, kilpirauhanen 7,1 mSv, selkä 0,3 mSv, vasen käsi 14,5 mSv ja oikea käsi 6,7 mSv.

Myös kirurgien käsien säteilyannoksia on tutkittu. Singh, Perera & Dega (2007) tutkivat kirurgin sormien säteilyannoksia nilkka- ja jalkateräleikkauksissa. Tutkimuksessa kirurgi suoritti 80 leikkausta vuoden aikana, joista yhteenlaskettu kokonaisannos sormimittareilla mitattuna oli 2,4 mSv. Keskimäärin kuukaudessa kertynyt säteilyannos oli 0,2 mSv, ja keskimääräinen annos leikkausta kohti oli 0,03 mSv.

Ortopedien ja avustavien leikkaussalihoitajien sormiannoksia on tutkittu myös suomalaisissa leikkaussaliolosuhteissa. Ortopedien keskimääräinen sormiannos tutkimuksen mukaan oli 385,31 µSv ja avustavien leikkaussalihoitajien 37,8 µSv. (Riihinen, 2006, 16.) Suomen kaikkien annostarkkailussa olleiden kirurgien kokonaisannosten keskiarvo (annosseurannassa mitattuna säteilymittareilla) vuonna 2007 oli 0,3 mSv ja suurin vuosiansios 20,1 mSv (Katisko & Mäkelä, 2008). Vuonna 2012 kaikkien annostarkkailussa olleiden erikoislääkäreiden, kuten ortopedien, keskimääräinen syväannos oli 0,3 mSv ja sairaanhoitajien 0,1 mSv. Suurin mitattu säteilyannos erikoislääkäreiden keskuudessa oli 10,6 mSv ja sairaanhoitajilla 2,4 mSv. (Rantanen 2013, 37.)

2.4 Leikkaussalihenkilökunnan säteilyaltistuksen seuranta

Säteilyasetuksen (1512/1991) 3 §:ssä annetaan säteilyaltistuksen enimmäisarvot eli annosrajat säteilytyötä tekeville työntekijöille. Säteilytyöstä työntekijälle aiheutuva efektiivinen annos eli säteilylle alttiiksi joutuneiden kudosten ja elinten ekvivalenttiannosten painotettu summa ei saa ylittää keskiarvoa 20 millisievertiä (mSv) vuodessa viiden vuoden aikana eikä minkään vuoden aikana arvoa 50 mSv. Silmän mykiön ekvivalenttiannos ei saa ylittää arvoa 150 mSv vuodessa eikä käsien, jalkojen tai ihon minkään kohdan ekvivalenttiannos arvoa 500 mSv vuodessa. (Säteilyasetus 1512/1991 2:3 §; Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet 2007, 3.)

Säteilytyötä tekevät kuuluvat joko säteilytyöluokkaan A tai B (säteilyasetus 1512/1991 3:10 §). Säteilytyöluokkaan A luokitellaan ne työntekijät, joiden työstä aiheutuva efektiivinen annos voi olla suurempi kuin 6 mSv vuodessa tai silmän mykiön ekvivalenttiannos suurempi kuin 45 mSv vuodessa ja ihon, käsien ja jalkojen ekvivalenttiannos suurempi kuin 150 mSv vuodessa. Säteilytyöluokkaan B kuuluvat ne työntekijät, jotka eivät kuulu luokkaan A. (Säteilyturvallisuus työpaikalla 2009, 9.) Näillä perusteilla leikkaussalin hoitohenkilökunta luokitellaan yleensä säteilytyöluokkaan A, koska he työskentelevät säteilyn läheisyydessä eli heillä edellä mainitut annosrajat voivat ylittyä.

Säteilytyötä tekevän työntekijän säteilyaltistusta seuraamalla tulee varmistua, että säädettyjä annosrajoja ei ylitetä. Toiminnan laadun ja laajuuden mukaan altistuksen seuranta tarkoittaa joko annostarkkailua tai työolojen tarkkailua. (Doseco 2012a, hakupäivä 30.5.2012.) Työolojen tarkkailu on järjestettävä kaikilla sellaisilla työpaikoilla, joilla tehdään säteilytyötä. Tarkkailumittausten tulokset on kirjattava ja tallennettava siten, että niistä voidaan tarvittaessa määrittää myös jälkikäteen henkilökohtaiset säteilyannokset, mikäli määrittämiseen ilmenee erityistä tarvetta. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi poikkeavaan tapahtumaan liittyvä säteilyaltistus, annosmittarin rikkoutuminen tai tilanne, jossa annosmäärittäminen epäillään virheelliseksi. (Säteilyaltistuksen seuranta 2007.)

Säteilyasetuksen (1512/1991) 11 § ensimmäisessä momentissa säädetään, että säteilytyöluokkaan A kuuluville työntekijöille on järjestettävä annostarkkailu työstä aiheutuvien säteilyannosten seuraamiseksi. Tarkkailun tulee perustua henkilökohtaiseen annosmittaukseen tai muuhun henkilökohtaiseen annosmäärittämiseen. Jos toiminnan laatu edellyttää, on henkilökohtaisen annosmittauksen rinnalla tai sen sijasta käytettävä Säteilyturvakeskuksen hyväksymiä muita annostarkkailumenetelmiä siten, että jokaisen säteilytyöluokkaan A kuuluvan työntekijän säteilyaltistus voidaan määrittää. (Säteilyasetus 1512/1991 3:11 §, hakupäivä 30.5.2012.)

Työntekijöiden säteilyannosten mittaamiseen käytetään kehon pinnalla pidettäviä henkilökohtaisia annosmittareita eli dosimetrejä. Tavallisen henkilödosimetrimin lisäksi käytetään myös sormi- ja silmädosimetrejä. (Doseco 2012a, hakupäivä

vä 30.5.2012.) Suomessa annosmittauspalvelusta huolehtii Doseco, joka on Säteilysturvakeskuksen (STUK) hyväksymä. Doseco vastaa työntekijöiden säteilyaltistuksen seurantaan kuuluvasta henkilökohtaisten säteilyannosten mittaamisesta ja määrittämisestä sekä ilmoittaa mitatut annokset Säteilysturvakeskukselle annosrekisteriin. Säteilysturvakeskus valvoo Dosecon toimintaa. (Doseco 2012b, hakupäivä 30.5.2012.)

Henkilödosimetrillä mitataan foton- ja beetasäteilyn aiheuttamaa säteilyannosta. Säteilyannosten mittaamiseen käytetään termoloistedosimetriä (TDL), joka on niin sanotusti passiivinen säteilyannosmittari. Termoloisteilmiössä säteily saa aikaan kiteessä viritystiloja, jotka jäävät kidehilan ”loukkuihin”. Kidettä lämmittäessä viritystilat purkautuvat valona, joka mitataan valomonistinputkella. Kun mitataan lämmityksen aikana kiteestä emittoituva valo, saadaan hehkukäyrä, jonka rajaama pinta-ala on verrannollinen säteilyannokseen. Termoloistedosimetri mittaa säteilyannosta on 0,1 – 1000 mSv alueelta. Säteilyannos tulokset saadaan, kun mittarit on toimitettu luettavaksi käyttöjakson päätyttyä. Mittarit tyhjennetään luennan yhteydessä ja ovat uudelleen käytettävissä seuraavalle mittausjaksolle. (Doseco 2012c, hakupäivä 30.5.2012; Doseco 2012d, hakupäivä 30.5.2012.)

DIS dosimetrin toimintaperiaate perustuu ionisaationkammioon, josta säteilyn synnyttämät varaukset kerätään puolijohteen avulla. Dosimetri voidaan lukea erillisellä luentalaitteella koska tahansa, luenta ei tyhjennä dosimetrin annoslukemia. DIS dosimetrissä on useita mittakammioita ja jokaisella kammiolla on oma mittausalue ja – kapasiteetti. Kun kammiot tulevat täyteen, ne täytyy tyhjentää. (Doseco 2012e, hakupäivä 30.5.2012.)

Henkilödosimetrit tulisi sijoittaa siten, että se olisi mahdollisimman kohtisuoraan ja oikein päin säteilylähteeseen nähden. Yleensä paras paikka dosimetrille on rinnassa työvaatteeseen kiinnitettynä. Kun käytetään säteilysuojaimia, on dosimetri sijoitettava niiden ulkopuolelle. (Doseco 2012f, hakupäivä 30.5.2012.) Terveysthuollon sellaisessa röntgensäteilyn käytössä, jossa altistus voi olla suurta (annosmittarin lukema yli 20 mSv vuodessa), on käytettävä lisäksi toista annosmittaria suojaesiliinan alla (Säteilyaltistuksen seuranta 2007).

Sormidosimetrillä mitataan käsien säteilyannokset. Käsien annoksen mittaaminen on tärkeää esimerkiksi toimenpideradiologiassa, mutta myös kirurgien käsien säteilyannosten mittauksessa. Sormiannosmittari sijoitetaan yleensä keskisormen tyveen siten, että ilmaisin on säteilyn tulosuunnan puolella. Mittari voidaan sijoittaa myös muuhun kohtaan, jos on syytä olettaa, että käsien annos on toisessa kohdassa huomattavasti suurempi. (Säteilyaltistuksen seuranta 2007, Doseco 2012g, hakupäivä 30.5.2012.)

Silmädosimetri on sama mittari kuin sormidosimetri, mutta se kiinnitetään silmiin lähettyville kuten silmä- tai suojalasien sankaan (Doseco 2012f, hakupäivä 30.5.2012). Erillinen silmän annoksen mittaaminen on tarpeellista joissakin erikoistapauksissa, esimerkiksi kun esiliinan päältä mitatusta annoksesta ei voida arvioida riittävän tarkasti silmän annosta (Säteilyaltistuksen seuranta 2007).

2.5 Leikkaussalihenkilökunnan säteilykoulutus

Asianmukainen henkilöstön kouluttaminen mahdollistaa hyvän säteilysuojelukulttuurin saavuttamisen. Radiologien, sairaalafysikoiden ja röntgenhoitajien ammatillisen koulutuksen opetussuunnitelmaan sisältyy säteilysuojelukoulutusta. (EMAN 2012.) Muun leikkaussalissa työskentelevän henkilökunnan opetussuunnitelmassa säteilysuojelukoulutus on valinnainen.

Leikkaussalihenkilökunta määritellään säteilylain mukaan säteilytyöntekijöiksi, koska he voivat työtehtävissään altistua säteilylle siinä määrin, että on järjestettävä annosseuranta. Säteilyn käyttöön osallistuvien terveydenhuollon ammattihenkilöille on järjestettävä säteilysuojelukoulutusta ja opastusta tehtäviinsä toiminnan laadun ja olosuhteet huomioiden. Koulutuksessa tulee kiinnittää erityisesti huomiota säteilyn terveydellisiin haittoihin ja turvallisiin työtapoihin, jotta tarpeeton säteilyaltistus voitaisiin estää. Koulutuksen myötä säteilytyöntekijöillä tulee olla tehtäviensä edellyttämät riittävät tiedot säteilystä ja säteilysuojelusta. Säteilysuojelukoulutus sisältää säteilyfysiikan perusteet, säteilybiologian perusteet, säteilylainsäädäntö, säteilyturvallisuus työpaikalla ja säteilyn käyttö lääke-

tieteessä. (Säteilylaki 592/1991 9:36 §, hakupäivä 17.5.2012; Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa 2012, 3.)

Säteilyasetuksen (1512/1991) 27 §:n mukaan säteilysuojelu on sisällytettävä tarkoituksenmukaisella tavalla säteilyn lääketieteellisen käyttöön osallistuvien henkilöiden muun täydennyskoulutuksen osaksi (Säteilyasetus 1512/1991 7:27 §, hakupäivä 17.5.2012). Perus- ja jatkokoulutuksen lisäksi työntekijöiden tulee osallistua täydennyskoulutukseen säännöllisesti. Täydennyskoulutuksella tarkoitetaan toiminnan harjoittajan vastuulla olevaa koulutusta, jolla varmistetaan, että säteilyn käyttöön osallistuvilla työntekijöillä on työtehtäviensä mukaiset, ajantasaiset tiedot ionisoivasta säteilystä ja sen vaikutuksista, säteilysuojelusta sekä voimassa olevasta säteilylainsäädännöstä ja muista säteilyn käyttöä koskevista määräyksistä ja ohjeista. Säteilysuojelun täydennyskoulutus voi toteutua ohjattuna opetuksena tai osallistumalla koulutustilaisuuksiin. Osa koulutuksesta voi olla myös itsenäistä opiskelua. Täydennyskoulutuksen on sisällettävä perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvien olennaisten säteilysuojeluasioiden kertausta. Täydennyskoulutuksen tulee sisältää myös seuraavat osa-alueet: säteilysuojeluasioiden kertaus, kyseisellä säteilyn käyttöalalla tapahtuneet muutokset, uusin tutkimuskäytäntöjen ja radiologisten laitteiden kehityksen tuomat säteilysuojelunäkökulmat, lainsäädännön ja suositusten muutokset, säteilylle altistavista tutkimuksista ja toimenpiteistä aiheutuvan säteilyaltistuksen päivitys sekä uusin tieto säteilyn haittavaikutuksista. (Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa 2012, 4-5.)

Ortopedin, kardiologin tai muun säteilyä käyttävän lääkärin säteilysuojelukoulutuksen perus- tai jatkokoulutuksen aikana tulee olla vähintään 2 opintopisteen laajuinen sekä täydennyskoulutusta tulee olla vähintään 20 tuntia tai runsaasti säteilyä käyttävällä lääkäriä 40 tuntia viiden vuoden aikana. Sairaanhoitaja ja lähihoitaja, joka työskentelee leikkaussaleissa tai osallistuu muihin säteilylle paljon altistaviin toimenpiteisiin, perus- tai jatkokoulutukseen tulee kuulua 2 opintopisteen laajuinen peruskoulutus sekä 20 tuntia täydennyskoulutusta viiden vuoden aikana. Sairaanhoitajan, joka voi avustaa säteilylle altistavan toimenpiteen suorittamisessa toimenpidevastuussa olevan lääkärin valvonnassa, perus- tai jatkokoulutusta tulee olla yhden opintopisteen verran ja 20 tuntia täydennyskou-

lutusta viiden vuoden aikana. (Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa 2012, 12.) Koulutuksella saavutettava tietotaso on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Leikkaussalihenkilökunnalta vaadittava tietotaso säteilystä. (Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa 2012, 12.)

	Ortopedi, kardiologi, muu säteilyä käyttävä lääkäri	Muu säteilyä käyttävä terveydenhuollon ammattilainen
Säteilyfysiikan perusteet	hyvät tiedot	perustiedot
Säteilybiologian perusteet	hyvät tiedot	perustiedot
Säteilysuojelusäädöstö	hyvät tiedot	perustiedot
Säteilyturvallisustoimenpiteet työpaikalla	syvälliset tiedot	hyvät tiedot
Säteilyn käyttö lääketieteessä	hyvät tiedot	perustiedot

Säteilyturvakeskus on tehnyt yhdessä opetus- ja kulttuuriministeriön kanssa kyselyn terveydenhuollon henkilöstön perus- ja jatkokoulukseen sisältyvästä säteilysuojelukoulutuksesta Suomessa. Tutkimuksen mukaan yhdenkään lääkäreiden ammattiryhmän tietotaso ei täytä täysin Säteilyturvakeskuksen määrittämiä vaatimuksia. Tulosten mukaan säteilysuojelukoulutusta kyllä annetaan, mutta sen laatu tai määrä on osaltaan vielä puutteellista. Hoitajillakaan ei tutkimuksen mukaan ole tietotaso täysin Säteilyturvakeskuksen määrittämällä tasolla. Tulosten mukaan sairaanhoitajien tietotaito on puutteellista juuri potilaan suojaukseen liittyvissä asioissa sekä säteilylähteen läheisyydessä työskentelyssä. Koulutus koettiin myös puutteelliseksi kaiken kaikkiaan, ja juuri C-kaaresta koettiin tarvittavan lisäkoulutusta. (Paasonen 2010, 48–49.)

Myös Heikkilän (2013) mukaan suomalaisissa leikkaussaleissa säteilyn turvallisuuskulttuureissa on vielä kehitettävää. Tutkimustulosten mukaan leikkaussali-

henkilökunnan säteilynkäytön osaaminen on osittain puutteellista. Säteilysuojelukoulutusta leikkaussalihenkilökunnalle tulisi tutkimuksen mukaan lisätä ja kehittää, jotta sekä henkilökunnan oman että potilaan säteilyaltistuksen optimointi parantuisi. (Heikkilä 2013, 40, 52.)

3 TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena on kuvailla leikkaussalihenkilökunnan saamaa säteilyaltistusta traumakirurgisten leikkausten yhteydessä kirurgista C-kaarta käytettäessä.

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää säteilynkäytön turvallisuuskulttuuria leikkaussaliympäristössä lisäämällä henkilökunnan tietoutta säteilyaltistuksesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Tutkimusongelmat ovat:

1. Kuinka paljon leikkaussalihenkilökunta altistuu säteilylle traumakirurgisten leikkausten yhteydessä?
2. Miten työntekijän sijoittuminen valvonta-alueella vaikuttaa hänen saamaansa säteilyaltistukseen?

4 TUTKIMUSMETODOLOGIA

Tutkimusmenetelmänä tässä tutkimuksessa käytetään kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa havainnointiaineisto perustuu numeeriseen mittaamiseen, kuten tutkimuksessamme leikkaussalihenkilökunnan saamien säteilyannosten mittaaminen. Muuttujat esitetään taulukko-muodossa, ja aineisto saatetaan lopuksi tilastolliseen muotoon. Tutkimustulokset esitetään taulukoin ja kuvioin. Tämän metodologian avulla saadaan tarkkaa kuvailevaa tietoa säteilyannosten suuruusluokista ja siihen vaikuttavien eri tekijöiden välisistä riippuvuuksista. (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2007, 136.) Mittaukset sijoittuvat suhteellisen lyhyeen ja tiettyyn ajankohtaan, joten tutkimus on poikittaistutkimus eli poikkileikkaustutkimus. Tutkimuksen tarkoituksena on kuvailla leikkaussalihenkilökunnan saamaa säteilyaltistusta traumakirurgisten leikkaustoimenpiteiden yhteydessä kirurgista C-kaarta käytettäessä. Keskeisiä asioita kvantitatiivisessa tutkimuksessa ovat johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat sekä käsitteiden määrittely. (Heikkilä 2008, 16; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 131, 173; Vilka 2007, 14.)

Tutkimusstrategiaksi olemme valinneet tapaustutkimuksen. Mittaamalla ja havainnoimalla saadaan yksityiskohtaista tietoa leikkaussalihenkilökunnan jäsenien saamasta säteilyaltistuksesta eri traumakirurgisten leikkaustoimenpiteiden aikana (ks. Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 130-131). Tutkimus etenee deduktiivisesti eli teoriasta empiiriseen tarkasteluun. Olemme perehtyneet huolellisesti kirjallisuuteen ja aiheeseen liittyviin tutkimuksiin. Aineiston keräämme systemaattisella mittaamisella ja havainnoinnilla. Tutkimuksessa mittaamme henkilökunnan saamaa säteilyaltistusta traumakirurgisessa leikkaussalissa sekä havainnoimme leikkausten aikana henkilökunnan työskentelyä ja kirjaamme säteilyaltistukseen vaikuttavat muuttujat havainnointilomakkeeseen. Tutkittavaan henkilökuntaan kuuluvat ne työntekijät, jotka työskentelevät leikkauksen aikana lähimpänä C-kaarta. Mittauksen tuloksena saatua aineistoa käsittelemme tilastollisin menetelmin. Kvantitatiivinen tutkimus edellyttää riittävää määrää havainnointikohteita, jotta tulokset ovat luotettavia. (ks. Kananen. 2008, 10.)

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimuksen suunnittelun aloitimme keväällä 2012. Tutkimuksen suunnittelussa ja toteutuksessa asiantuntijoina mukana olivat Oulun ammattikorkeakoulun yliopettaja Anja Henner, radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmavastaava Anneli Holmström sekä Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) keskusleikkausosaston sairaalafyysikko Jani Katisko ja Operatiivisen tulosalueen opetuskoordinaattori Pirkko Sivonen. Aihe on lähtöisin Oulun Yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosaston henkilökunnan omasta mielenkiinnosta kehittää säteilynkäytön turvallisuuskulttuuria leikkausosastolla. Aiheen saimme koulutusohjelmamme, radiografian ja sädehoidon yliopettajalta Anja Henneriltä, joka opettaa ST-ohjeen 1.7/2003 mukaista peruskoulutusta C-kaarta työssään käyttäville. Tutkimuskohdeksi rajattiin leikkaussalihenkilökunnan saamat säteilyannokset C-kaariavusteissa traumakirurgisissa leikkauksissa.

Tutkimussuunnitelma valmistui joulukuussa 2013, jonka jälkeen tutkimuksen eettisiä sääntöjä noudattaen haimme tutkimuslupaa Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiriltä (PPSHP). Tutkimusluvan myönsi tammikuussa 2014 Oulun Yliopistollisen sairaalan Operatiivisen tulosalueen johtaja Kari Haukipuro. Tutkimuksen eettiset näkökohdat on otettu huomioon myös mittaustilanteissa. Tutkimuksessa ei nimetty leikkaustiimin jäseniä henkilökohtaisesti vaan henkilöiden työroolien mukaan. Myöskään leikkauksessa olleiden potilaiden henkilötietoja ei kerätty. Turvallisuus on huomioitu aineiston keruuvaiheessa siten, että mittaukset ja havainnointi eivät vaikuttaneet leikkaussalihenkilökunnan työskentelyyn tai leikkaustoimintaan millään tavalla. Mittarit ovat pieniä ja sellaisissa paikoissa kiinni, etteivät ne häirinneet henkilökunnan työtä. Annosnäyttö eli BaseStation ei ollut näkyvillä työntekijöille, jotta heidän toimintansa ei olisi muuttunut tai häiriintynyt leikkauksien aikana. Koska havainnoimme leikkaukset steriililtä käytävältä ikkunan kautta, läsnäolomme ei vaikuttanut henkilökunnan työskentelyyn. Emme myöskään aiheuttaneet potilaille lisäinfektoriskiä olemalla salissa leikkauksien aikana.

Tutkimusaineiston keräämiseen käytimme DoseAware – annosmittausjärjestelmää. Ennen varsinaisia mittauksia perehdyimme järjestelmään Oulun ammattikorkeakoululla sosiaali- ja terveysalan yksikössä, jossa meillä oli käytössämme C-kaari, jonka avulla simuloimme mittaustilanteen. Leikkaussaliympäristöön tutustuimme etukäteen suorittamalla osan Perioperatiivisen potilaan hoitotyö ja kuvantaminen -harjoittelujaksosta OYS:in keskusleikkausosastolla syksyllä 2012.

Varsinaisen tutkimustilanteen, mittareiden ja havainnointilomakkeen esitestauksen teimme Oulun Yliopistollisessa sairaalassa mittausjakson ensimmäisenä päivänä. Ensimmäinen esitestaus epäonnistui, sillä mittarit eivät keränneet riittävästi informaatiota. Leikkauksessa henkilökunta oli sivuttain säteilylähteeseen, jolloin mittarit olivat huonossa kulmassa mittaamaan säteilyä oikein. Koska leikkaus erosi muutenkin suunnittelemamme tutkimusaineiston leikkauksista, päätimme testata tutkimustilanteen uudelleen. Ensimmäisen esitestauksen jälkeen testasimme mittarit uudelleen myös koululla, jolloin ne toimivat normaalisti. Tämä varmisti sen, että syy ensimmäisen esitestauksen epäonnistumiseen ei ollut mittareissa vaan mittareiden väärässä asettelussa erilaisissa leikkausolosuhteissa. Toisen esitestauksen suoritimme seuraavana päivänä leikkauksessa, joka oli suunnitelmamme mukaan traumakirurginen leikkaus. Tämän leikkauksen mittaus onnistui, joten otimme tulokset mukaan aineistoomme.

Tutkimusaineiston keräsimme tammi-helmikuussa 2014 noin kahden viikon aikana kaikissa C-kaariavusteisissa leikkauksissa Oulun Yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosastolla leikkaussalissa numero yhdeksän. Mittaukset tehtiin virka-aikana, jolloin leikkauksia on eniten, ja tutkijoiden oli mahdollista olla paikalla. Tarkoituksena oli kerätä aineistoa mahdollisimman monesta leikkauksesta. Koska kyseisessä salissa tehtävät leikkaukset ovat pääosin päivystyksellisiä, tutkimukseen tulevien leikkausten määrää tai sitä, millaisista leikkauksista on kyse, ei voinut ennalta tietää. Tutkimukseen oli tarkoitus saada mahdollisimman paljon erilaisia salissa tehtäviä C-kaariavusteisia leikkauksia, jotta saataisiin hyvä yleisvaikutelma salissa tehtävien leikkausten työntekijöille aiheuttamasta säteilyaltistuksesta. Tutkimusaineistoa saatiin viiden päivän ajalta kymmenestä eri leikkauksesta. Tutkimusjakson leikkaukset olivat ortopedisiä leikkauksia, joista

kolme oli nilkan alueelle tehtäviä leikkauksia, kaksi säären alueella tehtäviä, kaksi lonkkaleikkausta, yksi olkapään leikkaus, yksi kyynärvarren leikkaus ja yksi leikkaus, jossa leikattiin yhtä aikaa olkapää ja ranne.

5.1 Aineiston keruu DoseAware – mittareiden avulla

Käytössämme oli neljä DoseAware - mittaria. Työntekijät, joiden säteilyaltistusta mittasimme, valikoituivat lähimpinä säteilynlähdettä työskentelevät henkilökunnan jäsenet. Mittarit asetimme jokaisen C-kaariavusteisen leikkauksen alussa leikkaavalle kirurgille, instrumenttihoitajalle, lääkintävahtimestarille sekä anestesiahoitajalle joko lyijyliivin etutaskuun tai kilpirauhassuojaan siten, että mittarit olivat varmasti lyijyliivin etupuolella. Osassa leikkauksista anestesiahoitajan mittari asetettiin kokeiluksi joko leikkauspöytään tai anestesiahoitajan työpöytään kiinni. DoseAware – järjestelmään kuuluvan BaseStation, joka näyttää reaaliaikaisen annosnopeuden mittareissa, asetimme leikkaussalin ulkopuolelle. BaseStation ei ollut leikkaussalihenkilökunnan nähtävillä eikä siten vaikuttanut heidän työskentelyynsä tai leikkauksen kulkuun.

DoseAware - järjestelmä on röntgensäteilyannoksen elektroninen valvontajärjestelmä toisin sanoen se mittaa sironnutta säteilyä reaaliajassa. Se antaa välittömästi säteilyannoksia koskevia tietoja röntgenlaitteita käsitteleville ja niiden läheisyydessä työskentelevälle henkilökunnalle hoitotyön aikana. Tiedoista saadaan kerättyä tärkeää informaatiota ja sen avulla saadaan graafinen esitys reaaliaikaisista annosnopeuksista. Järjestelmän tukiaseman eli BaseStationin näytöltä henkilökunta voi seurata sironneen säteilyn määrää ja muuttaa toimintaansa hoitotyön aikana säteilyannoksen pienentämiseksi, kuten vaihtamalla paikkaa tutkimushuoneessa. DoseAware – järjestelmä on tarkoitettu ainoastaan henkilökunnan säteilyannoksien tarkkailuun, ei potilaskäyttöön. (Philips Healthcare 2009.)

DoseAware – järjestelmä koostuu henkilökohtaisista annosmittareista (Personal Dose Meter, PDM), tukiasemasta, joka näyttää sironneen säteilyn annokset reaaliajassa, ja DoseManager – ohjelmasta. Annosmittarit mittaavat säteilyannosta ja säteilyn annosnopeutta yhden sekunnin tarkkuudella. DoseAware -mittarit

vastaanottavat tiedon sironneesta säteilystä, ja jokaisen mittarin keräämä tieto näkyy välittömästi BaseStationilla eli tukiasemalla. BaseStation vastaanottaa ja arkistoi annosta koskevat tiedot (kumulatiivinen annos ja annosnopeudet joka sekunti), ja se voidaan yhdistää verkostoon, jotta annostietoja voidaan siirtää tietokoneelle.

BaseStationin näytöllä näkyy sironneen säteilyn reaaliaikaiset annosnopeudet logaritmisella asteikolla (0.2, 2.0 ja 20 mSv) läpivalaisun aikana. (Fernandez, Sanchez & Vano 2011, 2.) Alle 0.2 millisievertin annos näkyy vihreänä värinä, yli 0.2 mSv:n annos näkyy keltaisena ja yli 2 mSv:n annos näkyy punaisena tukiaseman näytöllä. 40 μ Sv on pienin annos joka voidaan mitata. Henkilökohtaisen annosmittarin mittaava alue on 1 mikrosievertistä 10 sievertiin kun resoluutio on 1 μ Sv. Tukiaseman DoseWiew - ohjelmalla voidaan katsoa viimeisintä annoslukemaa ja hoitotyön aikana saatua kokonaisannosta niin lukemana kuin graafisena pylväsdiagrammina. (Nikolaus 2011; Lecloub & Lindström, Henner & Manninen 2011.)

DoseManager – ohjelmalla voidaan analysoida, raportoida ja tallentaa annostietoja ja hallita annosmittareita. DoseManageriin voi tallentaa ja hallita monen annosmittarin keräämiä annostietoja, DoseManagerilla kerätään annostiedot BaseStationista, annostietoja voidaan analysoida ja niistä voidaan tehdä kaavioita ja taulukkoja. Annostietoja voidaan viedä DoseManagerilta myös muihin tietokoneen ohjelmiin kuten Exceliin. DoseManagerilla voidaan myös luoda ja tulostaa annostietojen raportteja. (Philips Healthcare 2009.)

DoseAware – mittarit ovat osittain kulmariippuvaisia. Mittareiden kulmariippuvuutta on tutkittu tarkemmin Oulu ammattikorkeakoulun röntgenhoitajaopiskelija Minna Väänäsen (2014) opinnäytetyössä. Kulmariippuvuutta tutkittiin samalla etäisyydellä 15 asteen välein 0-180 asteen välillä. Säteilyannoksessa suurin muutos tapahtui 105 asteen kulmassa, jolloin mittari oli takaviistossa säteilyn lähteeseen nähden. Suoraan sivulta eli 90 asteessa tulevan säteilyn annos tipui n. 3 μ Sv 105 asteen kulmassa mitattaessa. Mittausten perusteella annoksen suuruus riippuu siitä, missä kulmassa säteet tulevat mittareihin. (Väänänen 2014, 21-22.)

5.2 Leikkausten havainnointi C-kaaren käytön aikana

Havainnoimme leikkaukset steriililtä käytävältä leikkaussalin ulkopuolelta ikkunan kautta kahden havainnoijan avulla. Toimimme ulkopuolisina havainnoijina, joten havainnointi ei vaikuttanut mitenkään leikkausten kulkuun. Havainnoinnin apuna käytimme havainnointilomaketta (LIITE 1), johon merkitsimme kunkin leikkauksen tiedot sekä piirsimme työntekijöiden sekä C-kaaren sijoittumisen säteilyä käytettäessä. Henkilökunnan jäsenten tarkkaa etäisyyttä säteilynlähteeseen ei voitu mitata, koska emme halunneet puuttua leikkauksen kulkuun. Havainnointilomakkeeseen kirjasimme ylös henkilökunnan toiminnan säteilyn käytön aikana, jos toiminnassa ilmeni huomattavia muutoksia tai liikkumista. Ylös kirjattiin myös henkilökunnan säteilysuojaimien käyttö sekä liikuteltavat säteilysuojat. Jokaisen leikkauksen lopuksi kirjasimme ylös käytetyt kuvausarvot, läpivalaisuaajan, potilaan saaman säteilyannoksen ja läpivalaisussa käytetyn kuvausohjelman.

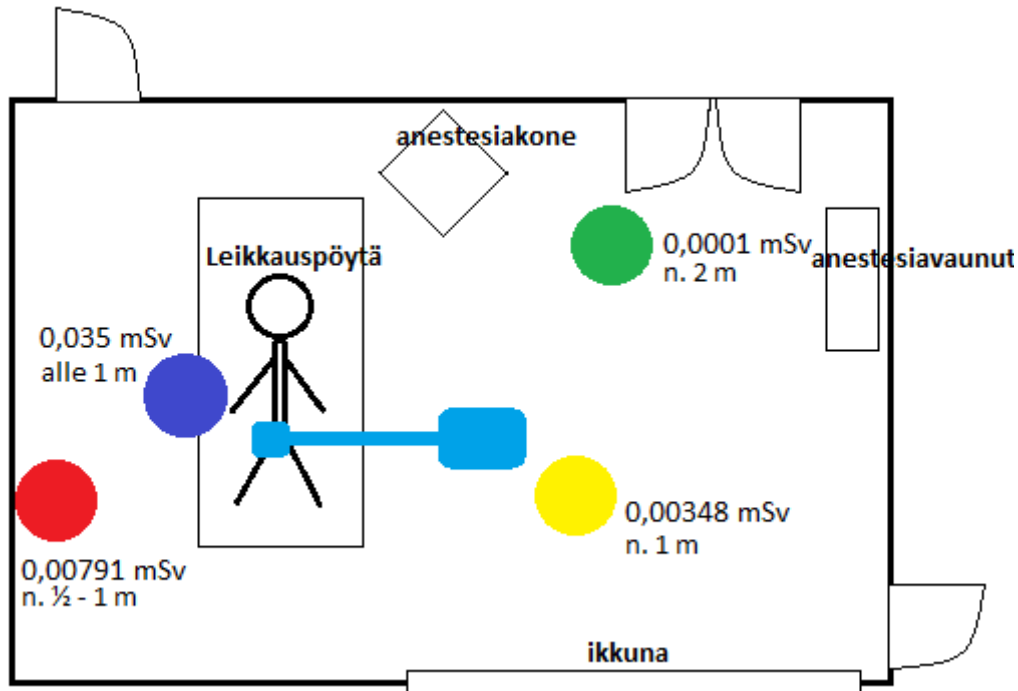
5.3 Aineiston analysointi

Tutkimuksemme aineisto koostuu leikkaavan kirurgin, instrumenttihoitajan, lääkintävahtimestarin ja anestesiahoitajan leikkausten aikaisesta säteilyaltistuksesta sekä mittareihin tallentuneista annosnopeustiedoista tiettyinä ajanhetkinä. Mittausjakson jälkeen purimme mittaustulokset DoseAware – järjestelmään kuuluvalla DoseManager – ohjelmalla. Ohjelman avulla mittaustulokset purettiin ensin tietokoneelle, jonka jälkeen siirsimme annostiedot Microsoft Excel - ohjelmaan. Annostietojen ja annosnopeuksien analysoinnissa käytimme molempia ohjelmia sekä DoseManager – ohjelmasta saatua raakadataa. Analysoinnissa käytettiin apuna havainnointilomakkeeseen kirjattuja havaintoja ja tietoja. Tutkimustulokset on esitetty kaavioina ja taulukoina sekä havainnollistettu kuvioilla.

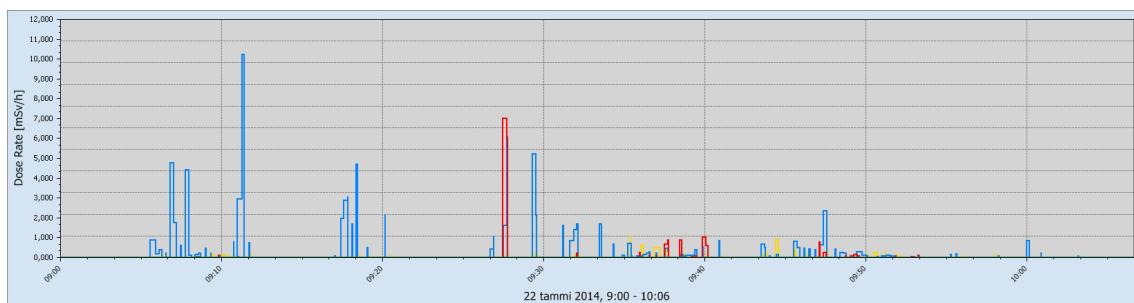
6 TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimusaineistomme koostuu kymmenestä traumakirurgisesta leikkauksesta. Leikkaukset olivat ortopedisiä, joista kolme oli nilkan alueelle ja kaksi säären alueella tehtäviä, kaksi lonkkaleikkausta ja yksi olkapääleikkaus sekä yksi kyy-närvarren leikkaus. Aineiston viimeisessä leikkauksessa operoitiin yhtä aikaa sekä olkapäätä että rannetta. Tässä leikkauksessa mittarit olivat olkapäätä ope-roivalla kirurgilla ja instrumenttihoitajalla.

Liitteessä 2 esitetään tutkimuksen tulokset leikkauksittain. Jokaisesta leikkauksesta on havainnollistettu kuvion avulla henkilökunnan sijoittuminen salissa sä-teilyä käytettäessä. Kuvioon on merkitty arvio kunkin henkilökunnan jäsenen etäisyydestä säteilynlähteeseen sekä hänen säteilyannoksensa. Kuviossa on myös esitetty C-kaaren paikka ja asento. Leikkaussalihenkilökunnan jäsenet on kuvattu pohjapiirroksen erivärisin ympyröin. Kirurgi on kuvattu sinisellä, inst-rumenttihoitaja punaisella, lääkintävahtimestari keltaisella ja anestesiahoitaja vihreällä värillä. Liitteessä on esitetty myös leikkaustenaikaiset säteilyn annos-nopeudet graafisena kuviona. Jokaisesta leikkauksesta on lisäksi kirjattu leikka-uskohta, potilaan säteilyannos, läpivalaisuaika, käytetty ohjelma ja viimeisessä kuvauksessa käytetyt arvot. Kuvausarvot ovat saattaneen hieman vaihdella leikkauksen aikana. Alla on esimerkit henkilökunnan sijoittumista havainnollista-vasta kuviosta (kuvio 2) ja annosnopeuksien graafisesta kuviosta (kuvio 3).



KUVIO 2. Esimerkki henkilökunnan säteilyannoksista sekä sijoittumisesta ja etäisyydestä säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana. Sininen ympyrä kuvaa kirurgin sijoittumista, punainen instrumenttihoitajan, keltainen lääkintävahtimestarin ja vihreä anestesiahoitajan.



KUVIO 3. Annosnopeudet 1. leikkauksessa. Sininen jana kuvaa kirurgin mittarin annosnopeuksia, punainen instrumenttihoitajan, keltainen lääkintävahtimestarin ja vihreä anestesiahoitajan.

6.1 Henkilökunnan säteilyannokset traumakirurgisten leikkausten aikana

Taulukossa 2 esitetään henkilökunnalle aiheutuneet säteilyannokset kunkin leikkauksen aikana ja taulukossa 3 henkilökunnan jäsenten säteilyannosten keskiarvot ja annosten vaihteluvälit. Annostiedot ovat leikkausten aikaisen säteilyn käytöstä aiheutuneita kumulatiivisia annoksia, joiden yksikkönä on μSv . Mittarit sijoitettiin tutkimuksessa henkilökunnan lyijysuojaimien päälle, joten tarkoitus oli mitata suojaamattomien kehonosien kuten yläraajojen annosta. Leikkauksalissa olleita suuria esineitä kuten esimerkiksi leikkauspöytää, instrumenttipöytä ja C-kaarta, joihin osuessaan säteily vaimenee ja siroaa, ei huomioitu tutkimuksessa.

TAULUKKO 2. Tutkimuksessa mitatut henkilökunnan säteilyannokset leikkauksittain.

Leikkaus	Kirurgi (μSv)	Instrumentti- hoitaja (μSv)	Lääkintävahti- mestari (μSv)	Anestesia- hoitaja (μSv)
Leikkaus 1 Reisiluunpään ydinnäulaus	35.399	7.910	3.482	0.102
Leikkaus 2 Olkaluun ydinnäulaus	40.198	1.587	3.763	0.973
Leikkaus 3 Collum ruuvien vaihto lonk- kaan	5.914	1.152	0.051	0
Leikkaus 4 Nilkkamurtuman leikkaus	0.256	0.205	0	0
Leikkaus 5 Säären ydinnäulaus	4.070	0.461	0.307	0
Leikkaus 6 Nilkkamurtuman levytys	0.640	0	0	0
Leikkaus 7 Ulkoisen kehikon asentaminen polveen	0.512	0.538	0.102	0.051
Leikkaus 8 Nilkkamurtuman uudelleenlevytys	10.726	1.331	0.384	0
Leikkaus 9 Oikean olkapään sekä vasemman ranteen leikkaus	2.048	0	0	0
Leikkaus 10 Kynärvarren leikkaus	0.922	0	0.128	0
Yhteensä	100.685	13.184	8.217	1.126

TAULUKKO 3. Säteilyannosten keskiarvo ja annosten vaihteluväli eri henkilökunnan jäsenillä.

Henkilökunnan jäsenet	Säteilyannoksen keskiarvo (μSv)	Säteilyannoksen vaihteluväli (μSv)
Kirurgi	10,0685	0,246 - 40,198
Instrumenttihoitaja	1,3184	0 - 7,910
Lääkintävahtimestari	0,8217	0 - 3,763
Anestesiahoitaja	0,1609	0 - 0,973

Suurimmat säteilyannokset kaikissa leikkauksissa mitattiin kirurgille. Annoksien vaihteluväli on 0,256–40,198 μSv , joista suurin säteilyannos mitattiin olkaluun ydinnaulauksessa. Toiseksi suurin säteilyannos mitattiin reisiluunpään ydinnaulauksessa. Leikkausalueiden paksuus sekä läpivalaisuaika ovat vaikuttavia tekijöitä näiden leikkauksien tutkimustuloksissa. Kymmenestä leikkauksesta instrumenttihoitaja altistui säteilylle seitsemässä leikkauksessa. Erityisesti instrumenttihoitajan tuloksia tarkasteltaessa, täytyy huomioida se, että instrumenttihoitaja oli usein selin säteilyn lähteeseen. Lääkintävahtimestarin suurin säteilyannos oli 3,76 μSv , ja se mitattiin olkaluun ydinnaulaus -leikkauksessa. Tutkimusaineistomme leikkauksista lääkintävahtimestari altistui säteilylle seitsemässä leikkauksessa. Tutkimustulosten mukaan vähiten säteilylle altistui anestesiahoitaja. Anestesiahoitaja altistui säteilylle vain kolmessa leikkauksessa kymmenestä. Anestesiahoitajan annos jää pieneksi suurimman etäisyyden vuoksi.

Osassa leikkauksista anestesiahoitajan mittari ei ollut hoitajassa kiinni vaan se oli kiinnitettynä saliin eri puolille. Aineiston kolmannessa leikkauksessa, joka oli Collum ruuvin vaihto lonkkaan, mittari oli kiinnitettynä anestesiakoneeseen noin metrin päähän säteilynlähteestä. Neljännessä leikkauksessa, joka oli nilkkamurtuman leikkaus, mittari oli kiinnitettynä leikkaustasoon noin 0,5-1 metrin päähän säteilynlähteestä. Kuudennessa leikkauksessa mittari oli lyijyseinässä säteilyn

puolella noin 2 metrin päähän säteilynlähteestä. Missään näistä leikkauksista ei mittari havainnut säteilyä.

6.2 Leikkaussalihenkilökunnan sijoittuminen leikkausten aikana, ja sen vaikutus säteilyaltistukseen

Henkilökunnan sijoittuminen säteilyn käytön aikana vaihteli leikkauksittain. Pääsääntöisesti kirurgi oli lähimpänä säteilynlähdettä etäisyyden ollessa noin 0,5 metriä. Läheinen sijoittuminen selittää kirurgin suurimman säteilyaltistuksen. Suurin mitattu säteilyn annosnopeus kirurgin mittarissa oli 10,20 mSv/h, ja se mitattiin reisiluunpään ydinnaulaus -leikkauksessa. Horisontaalisätein kuvattaessa kirurgi seiso i röntgenputken puolella, johon säteilyä siroaa potilaasta eniten.

Instrumenttihoitajan etäisyys vaihteli 0,5 metristä 2 metriin leikkauksesta riippuen. Osassa leikkauksista instrumenttihoitaja otti selvästi etäisyyttä säteilyä käytettäessä. Esimerkiksi aineiston neljännessä leikkauksessa instrumenttihoitajan etäisyys oli ajoittain jopa 2 metriä. Säteilyn käytön aikana instrumenttihoitaja oli usein selin säteilynlähteeseen ja ajoittain myös kirurgien takana. Tällöin sironnut säteily absorboitui kirurgeihin. Kirurgin tavoin instrumenttihoitaja oli yleensä röntgenputken puolella horisontaalisätein kuvattaessa. Annosnopeudet instrumenttihoitajan mittarissa vaihtelivat 0-7,01 mSv/h välillä.

Lääkintävahtimestari oli sijoittuneena noin 0,5- 2 metrin päähän säteilynlähteestä. Kuvatessaan lääkintävahtimestari seiso i useimmiten C-kaaren takana suojassa, ja horisontaalisätein kuvatessaan hän oli sijoittuneena kuvareseptorin puolelle. Nämä toimintatavat vähensivät lääkintävahtimestarin säteilyaltistusta, koska hän oli sijoittuneena sinne, mihin sirosi vähiten säteilyä. Lääkintävahtimestarin mittari mittasi annosnopeuksia 0-1,07 mSv/h välillä.

Anestesiahoitajalla oli kaikissa leikkauksissa suurin etäisyys säteilynlähteeseen. Etäisyys oli keskimäärin noin 2 metriä. Vain kahdessa leikkauksessa anestesiahoitaja oli lähempänä säteilyn käytön hetkellä etäisyyden ollessa tuolloin alle metrin. Osassa leikkauksista anestesiahoitajan suojana oli myös lyijyseinä.

Suurin annosnopeus anestesiahoitajan mittarissa oli 0,37 mSv/h. Osassa leikkauksista anestesiahoitajan mittari ei mitannut säteilyn annosnopeutta lainkaan, koska hänen etäisyytensä säteilylähteeseen oli suhteellisen suuri.

Taulukossa 4 esitetään leikkausten aikaiset säteilyn annosnopeudet keskiarvoina sekä suurin mitattu annosnopeus leikkauksittain. Koko aineisto huomioiden annosnopeudet vaihtelivat 0-10,20 mSv/h välillä. Vaikka suurimmat annosnopeudet olivatkin välillä useita mSv/h, keskiarvot jäivät jokaisessa leikkauksessa alle 1 mSv/h. Tämä kertoo siitä, että annosnopeudet kohoavat vain hetkellisesti useisiin mSv/h leikkauksen aikana.

TAULUKKO 4. Tutkimuksessa mitattujen annosnopeuksien suurin arvo sekä keskiarvo leikkauksittain.

Leikkaus		Kirurgi (mSv/h)	Instrumentti- hoitaja (mSv/h)	Lääkintä- vahtimestari (mSv/h)	Anestesia- hoitaja (mSv/h)
Leikkaus 1	max	10,20	7,01	1,07	0,08
Reisiluunpään ydinnaulaus	ka	0,53	0,44	0,11	0,03
Leikkaus 2	max	4,46	0,57	0,30	0,37
Olkaluun ydinnaulaus	ka	0,50	0,12	0,08	0,08
Leikkaus 3	max	2,62	0,62	0,08	0
Collum ruuvien vaihto lonkkaan	ka	0,49	0,21	0,05	
Leikkaus 4	max	0,69	0,23	0	0
Nilkkamurtuman leikkaus	ka	0,15	0,05		
Leikkaus 5	max	1,35	0,58	0,30	0
Säären ydinnaulaus	ka	0,14	0,10	0,08	
Leikkaus 6	max	0,30	0	0	0
Nilkkamurtuman levytys	ka	0,09			
Leikkaus 7	max	0,57	0,26	0,08	0,06
Ulkoisen kehikon asentaminen polveen	ka	0,13	0,09	0,03	0,03
Leikkaus 8	max	1,43	0,22	0,39	0
Nilkkamurtuman uudelleenlevytys	ka	0,29	0,06	0,05	
Leikkaus 9	max	1,13	0	0	0
Oikean olkapään sekä vasemman ranteen leikkaus	ka	0,28			
Leikkaus 10	max	0,42	0	0,43	0
Kyynärvarren leikkaus	ka	0,09		0,23	

7 TUTKIMUSTULOSTEN YHTEENVETO

Tutkimustulosten mukaan leikkaussalin henkilökunnan jäsenistä eniten säteilylle altistuu kirurgi. Kirurgin saama säteilyannos vaihteli leikkauksesta riippuen 0,246 - 40,198 μSv :n välillä. Laskennallisesti määritetty kirurgin säteilyannoksen keskiarvo tutkimusaineiston kymmenestä leikkauksesta on 10,0685 μSv . Annosnopeudet kirurgin mittarissa vaihtelivat 0,30 - 10,20 mSv/h välillä. Suurin hetkellinen annosnopeus mitattiin aineiston ensimmäisessä leikkauksessa, joka oli reisiluunpään ydinnäulaus. Kirurgin etäisyys säteilynlähteeseen oli kaikissa leikkauksissa alle 1 metriä.

Instrumenttihoitajan suurin mitattu säteilyannos oli 7,910 μSv . Aineistostamme laskettuna instrumenttihoitaja altistuu säteilylle keskimäärin 1,3184 μSv leikkausta kohti. Erityisesti instrumenttihoitajan säteilyaltistusta tarkasteltaessa täytyy huomioida se, että hoitaja oli usein selin säteilynlähteeseen, jolloin henkilön etupuolelle kiinnitetty mittari ei havainnut säteilyä. Instrumenttihoitajan mittari mittasi annosnopeutta 0 - 7,01 mSv/h välillä, ja hänen etäisyytensä säteilynlähteeseen oli 0,5-2 metriä.

Lääkintävahtimestarin säteilyannoksen vaihteluväli oli 0 - 3,763 μSv . Kolmessa leikkauksessa lääkintävahtimestari ei altistunut lainkaan säteilylle. Keskimäärin lääkintävahtimestarin säteilyannos oli 0,8217 μSv leikkausta kohti. Suurin mitattu säteilyn annosnopeus lääkintävahtimestarin mittarissa oli 1,07 mSv/h, ja hänen etäisyytensä säteilynlähteeseen vaihteli 0,5 metristä 2 metriin.

Anestesiahoitaja altistui tutkimuksemme mukaan vähiten säteilylle. Anestesiahoitaja altistui säteilylle aineiston kymmenestä leikkauksesta vain kolmessa. Säteilyannoksien vaihteluväli oli 0 - 0,973 μSv , ja keskimääräinen säteilyannos leikkausta kohti oli 0,1609 μSv . Suurin annosnopeus, jonka anestesiahoitajan mittari mittasi oli 0,37 mSv/h, ja hänen keskimääräinen etäisyys säteilynlähteeseen oli noin 2 metriä.

8 POHDINTA

Tutkimuksemme tarkoituksena on kuvailla leikkaussalihenkilökunnan saamaa säteilyaltistusta traumakirurgisten leikkausten yhteydessä kirurgista C-kaarta käytettäessä. Tavoitteena on kehittää säteilynkäytön turvallisuuskulttuuria leikkaussaliympäristössä lisäämällä henkilökunnan tietoutta säteilyaltistuksestaan ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Tutkimuksemme antaa uudenlaista ja yksityiskohtaisempaa tietoa leikkaussalihenkilökunnalle heidän omasta säteilyaltistuksestaan. Tutkimus auttaa osaltaan kehittämään leikkaussaliosaston säteilyturvallisuuskulttuuria. Leikkaussalihenkilökunta voi motivoitua kehittämään omia työskentelytapojaan, ja näin vähentämään omaa säteilyaltistustaan.

8.1 Tulosten tarkastelu

8.1.1 Leikkaussalihenkilökunnan säteilyaltistus traumakirurgisten leikkausten yhteydessä

Suurimman säteilyaltistuksen henkilökunnalle aiheuttaa säteilynlähde sekä potilaasta siroava säteily. Kontrolloimalla potilaan säteilyannosta vähennetään myös henkilökunnan saamaa säteilyannosta. Sirontasäteily on kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön säteilynlähteestä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos etäisyys säteilynlähteeseen kaksinkertaistuu, säteily vähenee $\frac{1}{4}$. Tämä vaikuttaa sekä potilaan että henkilökunnan säteilyannoksiin. Etäisyyden ottaminen on erityisen tärkeää leikkaussalihenkilökunnan jäsenille, jotka työskentelevät lähellä potilasta. Askeleella taaksepäin voi olla merkittävä vaikutus. (EMAN 2012, hakupäivä 16.4.2014.)

Tarkasteltaessa henkilökunnan säteilyannoksia täytyy huomioida, että altistus on mitattu lyijysuojaimien päältä, joten tarkoituksena on kuvailla henkilökunnan suojaamattomien kehonosien kuten käsivarsien ja silmien säteilyaltistusta. Tut-

kimusaineistomme kaikissa leikkauksissa henkilökunnalla oli päällään asianmukaiset lyijysuojaimet eli lyijyliivi ja – hame tai lyijyessu sekä kilpirauhassuoja. Säteilysuojaimien käyttö on tärkeää jokaisessa läpivalaisuleikkauksessa, sillä omalla suojautumisellaan henkilökunnan jäsenet voivat vähentää saamaansa säteilyannosta. Suojainten alle jäävät kehonosat altistuvat vain pienen osan mitatuista säteilyannoksista. Lääkärit seisovat lähellä potilasta leikkauksen aikana, joten lyijysuojan on suojattava edestä ja ulotuttava polviin saakka. Instrumenttihoitaja liikkuu usein leikkauksen aikana, joten lyijysuojan tulee suojata sekä edestä että takaa. (EMAN 2012.) Theocharopoulos ym. (2003, 1700) tutkimuksen mukaan säteilyaltistus vähenee etusuunnasta kuvattaessa (anterior-posterior ja posterior-anterior) kuudestoistaosaan lyijysuojaimia käytettäessä.

Tutkimuksen mukaan henkilökunnan jäsenistä eniten säteilylle altistuu kirurgi. Tämä selittyy suurimmaksi osaksi kirurgin läheisellä sijainnilla säteilynlähteeseen. Kirurgin saamat säteilyannokset vaihtelivat leikkauksesta riippuen, 0,246 μSv :stä jopa 40,198 μSv :iin. Tutkimusaineiston kymmenestä leikkauksesta laskettuna keskimääräinen kirurgin säteilyannos on 10,07 μSv leikkausta kohti. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan kirurgin pitäisi leikata noin 2000 leikkausta vuodessa, jotta hänen säteilyaltistuksensa ylittäisi vuosittaisen annosrajan, joka on viiden vuoden aikana keskimäärin 20 mSv vuodessa. Kun tutkimusaineistomme lonkkaleikkauksien tuloksia verrataan esimerkiksi Tsalafoutasin ym. (2008, 116) tutkimukseen, huomataan, että annokset jäävät yli puolet pienemmiksi.

Instrumenttihoitajan säteilyannokset olivat leikkauksesta riippuen 0 – 7,910 μSv . Annokset olivat suurimmassa osassa leikkauksista toiseksi suurimmat kirurgin jälkeen. Instrumenttihoitajan laskennallisesti määritetty keskimääräinen säteilyannos on tutkimustulosten mukaan 1,3184 μSv leikkausta kohti. Instrumenttihoitajan säteilyaltistusta tarkasteltaessa täytyy huomioida, että erityisesti instrumenttihoitajan säteilyaltistus on todellisuudessa suurempi. Instrumenttihoitaja oli usein selin säteilynlähteeseen säteilyä käytettäessä, jolloin etupuolella ollut mittari ei havainnut säteilyä. Erityisesti instrumenttihoitajien on siis tärkeä huomioida, että heidän lyijyessunsa suojaa sekä etu- että takapuolelta.

Lääkintävahtimestarin säteilyannokset vaihtelivat 0-3,763 μSv :n välillä. Lääkintävahtimestarilla on mahdollisuus mennä C-kaaren suojaan kuvatessaan sekä ottaa etäisyyttä toisin kuin kirurgilla ja instrumenttihoitajalla. Kahdessa leikkauksessa lääkintävahtimestari altistui kuitenkin enemmän säteilylle kuin instrumenttihoitaja. Tämä saattaa johtua siitä, että instrumenttihoitaja oli näissä leikkauksissa paljon selin säteilynlähteeseen, jolloin tutkimustulos ei täysin vastaa todellisuutta.

Anestesiahoitaja altistui tutkimuksen mukaan vähiten säteilylle henkilökunnan jäsenistä. Säteilyannokset vaihtelivat 0 – 0,973 μSv välillä, ja keskimääräinen säteilyannos leikkausta kohti on 0,1609 μSv . Kymmenestä leikkauksesta anestesiahoitaja altistui säteilylle vain kolmessa. Näissä kolmessa leikkauksessa mittari oli anestesiahoitajan kilpirauhassuojassa kiinni, eikä hänellä ollut käytössä lyijyseinää. Esimerkiksi Oulun seudulla ulkoisen säteilyn annosnopeus on noin 0,130 $\mu\text{Sv/h}$ eli keskimäärin anestesiahoitaja altistuu yhden leikkauksen aikana yhtä paljon säteilylle kuin oululainen altistuu noin tunnissa luonnon taustasäteilylle (Säteilyturvakeskus 2012, hakupäivä 7.4.2014).

Leikkauksissa, joissa anestesiahoitajan mittari oli kiinnitettynä salin eri puolille, mittari ei havainnut säteilyä. Tämä saattoi johtua monista eri syistä. Vaikka kolmas leikkaus, jossa mittari oli kiinni anestesiakoneessa vain 1 metrin päässä säteilynlähteestä, oli lonkan leikkaus eli kohde oli melko paksu, läpivalaisuaika jäi lyhyeksi ollen vain 0,14 min. Neljännessä leikkauksessa mittari oli leikkaukspöydän tasolla, mihin ei siroa juurikaan säteilyä etenkään silloin, kun kuvataan etusuunnan kuvaa (posterior-anterior). Kuudes leikkaus taas oli nilkan murtuman leikkaus, jossa ei henkilökunnan säteilyaltistus yleisestikään ole kovin suuri kohteen ohuuden vuoksi. Mittarin etäisyys säteilynlähteestä oli 2 metriä, mikä on melko paljon. Vaikka mittari ei mitannut säteilyä sen ollessa kiinnitettynä lyijyseinään C-kaaren puolelle, ei tästä voi tehdä päätelmiä lyijyseinän tärkeydestä muissa leikkauksissa, joissa säteilyaltistuksen riski on suurempi.

Henkilökunnan säteilyaltistukseen vaikuttaa etäisyyden lisäksi myös muut tekijät. Vaikka tutkimuksemme keskittyi kuvailemaan henkilökunnan sijoittumisen vaikutusta säteilyaltistukseen, tuloksia tarkasteltaessa huomataan, että myös

kuvattavan kohteen paksuus sekä läpivalaisuaika vaikuttavat henkilökunnan altistumiseen. Paksumpaa kohdetta kuvattaessa tarvitaan enemmän säteilyä, jolloin myös sironneen säteilyn määrä kasvaa. Myös läpivalaisuaika vaikuttaa sironneen säteilyn määrään. Aineistossamme on kaksi leikkausta, jotka kohdistuivat lonkan alueelle. Toisessa läpivalaisua käytettiin 1,44 min ja toisessa 0,13 min. Ensimmäisessä näistä leikkauksista henkilökunnan säteilyannokset olivat suuremmat.

Säteily siroaa suurimmillaan röntgenputkesta, joten otollisin asento on, että röntgenputki on potilaan alapuolella ja kuvailmaisoin eli detektori niin lähellä potilasta kuin mahdollista, näin ollen säteily siroaa potilaasta alaspäin. (EMAN 2012.) Maksimoimalla säteilynlähteen ja potilaan etäisyys voidaan vähentää potilaan saamaa säteilyannosta, ja tätä kautta myös henkilökunnan säteilyaltistusta (Davros 2007, 52.) Ajoittain C-kaaren kuvareseptori oli kaukana potilaasta, mikä tarkoittaa sitä, että leikkauspöydän alla ollut röntgenputki oli lähellä potilasta lisäten sekä potilaan että henkilökunnan säteilyaltistusta. Täytyy kuitenkin huomioida, että röntgenputken ja potilaan etäisyyden maksimoimiseen tuo haastetta leikkauspöydän alla oleva rauta, joka on usein edessä estäen röntgenputken laskemisen mahdollisimman alas.

8.1.2 Henkilökunnan sijoittuminen ja toiminta säteilyn käytön aikana

Liitteessä 1 on esitetty kuvioin henkilökunnan sijoittuminen ja etäisyys säteilynlähteestä jokaisessa leikkauksessa. Henkilökunnan sijoittuminen ja toiminta säteilyn käytön aikana vaihteli leikkauksittain. Pääsääntöisesti kirurgi oli lähimpänä säteilynlähdettä, mikä selittää hänen suurimmat säteilyannoksensa. Kirurgin arvioitu etäisyys säteilynlähteestä oli alle 0,5 metriä jokaisessa leikkauksessa. Säteilyn käytön aikana kirurgi oli useimmiten säteilynlähteeseen päin, jolloin mittari oli hyvässä kulmassa mittaamaan säteilyä oikein. Sivukuvauksissa eli horisontaalisätein kuvattaessa kirurgi seiso useimmiten röntgenputken puolella, johon säteilyä siroaa potilaasta eniten. Efektiivinen annos voi olla jopa kaksi – kuusinkertainen työskenneltäessä röntgenputken puolella verrattuna siihen, että työntekijä olisi sijoittuneena kuvareseptorin puolelle (Theocharopoulos 2003, 1702). On vaikea arvioida, olisiko leikkaavalla kirurgilla mahdollisuutta ottaa

etäisyyttä säteilyä käytettäessä tai työskennellä siten, ettei olisi sijoittuneena juuri röntgenputken puolelle horisontaalisätein kuvattaessa. Leikkauksissa oli kuitenkin usein useampia kirurgeja, joista osalla voisi olla mahdollisuus ottaa etäisyyttä säteilyn käytön ajaksi.

Instrumenttihoitajan etäisyys vaihteli noin 0,5 metristä 1,5 metriin. Säteilyn käytön aikana instrumenttihoitaja oli usein selin säteilynlähteeseen. Tämän vuoksi on tärkeää, että instrumenttihoitajan suojaimet ovat sellaiset, jotka suojaavat myös selän puolelta. Ajoittain instrumenttihoitaja oli myös kirurgien takana jolloin sironnut säteily absorboitui kirurgeihin. Osassa leikkauksista instrumenttihoitaja otti selvästi etäisyyttä säteilyä käytettäessä. Jos verrataan annosnopeuksia nilkkaleikkauksien kesken, huomataan, että neljännessä leikkauksessa ei instrumenttihoitajan mittari mitannut annosnopeutta lainkaan. Juuri tässä neljännessä leikkauksessa instrumenttihoitaja pyrki ottamaan etäisyyttä. Tämän vuoksi voidaan olettaa, että instrumenttihoitajalla on tilanteesta riippuen mahdollisuutta ottaa etäisyyttä säteilynlähteeseen. Theocharopoulos (2003, 1701) ym. tutkimuksen mukaan annosnopeus puolittuu, kun asianmukaisesti säteilysuojaimiin pukeutunut kirurgi lisää etäisyyttään 40 cm säteilynlähteeseen lonkka- ja selkäleikkauksissa etusuunnasta (anterior-posterior) läpivalaistessa.

Lääkintävahtimestari oli sijoittuneena noin 1-2 metrin päähän säteilyn lähteestä. C-kaareissa eksponointinapissa on pitkä johto, joka mahdollistaa myös lääkintävahtimestarin etäisyyden ottamisen säteilyn käytön aikana. Horisontaalisätein kuvattaessa lääkintävahtimestarin tulisi sijoittua C-kaaren suojaan, ja näin hän useimmiten tekikin.

Anestesiahoitajalla oli kaikissa leikkauksissa suurin etäisyys säteilynlähteeseen. Etäisyys oli keskimäärin yli 2 metriä. Hyvä esimerkki sijoittumisen tärkeydestä tuli esille toisessa leikkauksessa. Annosnopeus anestesiahoitajan mittarissa oli 0,37 mSv/h, kun hän oli alle metrin päässä säteilynlähteestä sijoittuen röntgenputken puolelle, kun olkapäätä kuvattiin viistosti. Kun samassa leikkauksessa anestesiahoitajan etäisyys oli noin kaksi metriä, mittari ei mitannut annosnopeutta lainkaan.

Leikkaussaliolosuhteet ovat haasteelliset säteilyn käytön kannalta. Erilaiset konkreettiset suojat ovat ahtaassa salissa hankalia käyttää etenkin leikkaavan kirurgin ja instrumenttihoitajan suojaamiseksi. Kuitenkin lyijyseinän käyttö lääkintävahtimestarin ja anestesiahoitajan suojaamiseksi mahdollisuuksien mukaan kannattaa. Tällöin voi varmistua siitä, ettei altistu säteilylle kuvattiin C-kaarella sitten etusuunnan tai sivusuunnan kuvaa. Jos verrataan eri henkilökunnan jäsenien säteilyannoksia, huomataan selvästi, että annoksen suuruus on verrattavissa henkilön etäisyyteen säteilynlähteeseen. Etäisyyttä säteilynlähteeseen tulisi aina ottaa säteilyä käytettäessä.

8.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimusmenetelmä oli tarkoituksenmukainen tutkimuksemme aiheen kannalta. DoseAware – mittareilla saatujen tutkimustulosten avulla pystymme vastaamaan ensimmäiseen tutkimusongelmaan. Havainnoinnin avulla pystymme tarkastelemaan asettamaamme toista tutkimusongelmaa. Tältä osin tutkimus on validi. (ks. Vilkkä 2007, 147-154.) DoseAware-mittausjärjestelmän luotettavuutta pyrimme vielä varmistamaan vaihtamalla mittareita mittausjakson aikana henkilökunnan jäsenten välillä. Tällä tavalla varmistuimme siitä, että kaikkia mittarit toimivat oikein. DoseAware ohjelmisto huollettiin ja päivitettiin juuri ennen mittauksen aloittamista.

Tutkimusaineisto oli hyvä otos tutkittavasta perusjoukosta. Aineistomme koostuu erilaisista leikkauksista, jotka kuvaavat hyvin Oulun yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosaston salissa numero 9 tehtäviä leikkauksia. Tutkimuksen luotettavuutta lisää myös se, että mittaukset suoritettiin oikeissa leikkaustilanteissa. Tämä parantaa tutkimuksen reliabiliteettia. (ks. Vilkkä 2007, 147-154.) Leikkauksien havainnointi kahden havainnoijan avulla lisäsi tutkimuksen luotettavuutta. Sen lisäksi, että havainnoimalla saimme tietoa henkilökunnan toiminnasta säteilyä käytettäessä, pystyimme myös tarkkailemaan, että mittareita käytettiin oikein mittaustilanteissa.

DoseAware – järjestelmään kuuluvat mittarit ovat osittain riippuvaisia siitä, missä kulmassa ne ovat säteilynlähteeseen nähden (Väänänen 2014, 22). Kun

henkilökunnan jäsenet olivat sijoittuneena selin tai viistoon säteilynlähteeseen nähden, he altistuivat säteilylle, mutta heillä ollut mittari ei mitannut säteilyä oikein. Tutkimuksemme luotettavuutta olisi lisännyt se, että mittareita olisi ollut henkilökunnan jäsenillä useita, jolloin säteilyannokset olisi saanut mitattua myös selän puolelta. Koska mittareiden määrä oli rajallinen ja kiinnostuksen kohteena henkilökunnan jäsenten säteilyaltistus, päädyimme mittaamaan tiettyjen henkilökunnan jäsenten säteilyannoksia.

Lisäksi luotettavuutta olisi lisännyt se, että mittauksia olisi tehty useammassa leikkauksessa. Tämä ei kuitenkaan ollut ajallisesti mahdollista. Nopeasti muuttuvien leikkaustilanteiden tarkka havainnointi oli ajoittain haastavaa. Tutkimuksen luotettavuutta olisi lisännyt leikkaustilanteiden videointi, jolloin henkilökunnan toimintaa säteilyn käyttöhetkillä olisi pystytty tarkastelemaan tarkemmin.

8.3 Tutkimustulosten hyödynnettävyys

On tärkeää, että sairaanhoitajat ja muut terveydenhuollon ammattilaiset jotka työskentelevät ionisoivan säteilyn lähettyvillä, ovat tietoisia säteilyn haittavaikutuksista. Säteilysuojelukoulutus on valinnainen osa sairaanhoitajien opetustarjonnassa, suositeltavaa olisikin että erityisesti ionisoivan säteilyn lähellä työskenteleville hoitajille olisi järjestetty asianmukainen koulutus työtehtävien edellyttämällä tasolla. (Radiation protection no 175, hakupäivä 30.3.2014.) Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää yleisesti leikkaussalihenkilökunnan säteilysuojelukoulutuksessa sekä C-kaaren käyttökoulutuksissa. Tutkimustulosten avulla voidaan selventää aika-etäisyys-suoja -periaatetta oman altistuksen pienentämiseksi. Erityisesti OYS:n keskusleikkausosastolla voidaan hyödyntää tutkimustuloksia säteilyn käytön turvallisuuskulttuuria kehitettäessä. Tutkimustulokset voivat motivoida henkilökuntaa edelleen parantamaan työskentelytapojaan vähentääkseen omaa säteilyaltistustaan.

Oulun yliopistollisen sairaalan keskusleikkausosastolle on tulossa remontti, jossa tullaan kiinnittämään huomiota säteilyturvallisuuteen. Leikkaussalien seinät, ikkuna ja ovet rakennetaan säteilysuojatuiksi. Remontin jälkeen leikkaussalin ulkopuolella työskentelevien ei tarvitse enää varoa, kun leikkaussaleissa läpiva-

laistaan, mutta leikkaussalissa työskentelevien on edelleen kiinnitettävä huomiota oman säteilyaltistuksen pienentämiseen.

8.4 Omat oppimiskokemukset ja jatkokehitysideat

Opinnäytetyön tekeminen opetti meille paljon. Pitkä prosessi opetti ajanhallintaa ja aikataulutusta. Koska opinnäytetyö on meille molemmille ensimmäinen tutkimustyö, melkein kaikki tutkimuksen tekoon liittyvä oli meille uutta ja opettavaista. Sekä tutkimiseen liittyvä teoria että käytännön osuus antoi hyvän ensimmäisen kokemuksen tutkimuksen teosta. Opinnäytetyön aihe antoi meille tilaisuuden kerrata perusteita säteilystä sekä syventää tietoa röntgentekniikasta. Halusimme tehdä työn, joka liittyy säteilyn turvallisuuskulttuuriin ja sen edistämiseen. Tämän tutkimuksen kautta tavoite täyttyi. Opinnäytetyön prosessin kautta saimme kokemusta moniammatillisesta yhteistyöstä. Opimme oman tietotaidon jakamista muille ammattiryhmille ja vastaavasti opimme muilta ammattiryhmiltä heidän työstään.

Haastavimmaksi tutkimusta tehdessämme koimme leikkaustilanteiden havainnoinnin. Mittausjakson aikana huomasimme, että edes kahden havainnoijan avulla ei pystynyt tarkkailemaan leikkaustilannetta erityisen tarkasti. Haastetta havainnointitilanteissa lisäsi se, että tarkkaa läpivalaisu ajankohtaa leikkauksen aikana ei voinut etukäteen tietää vaan täytyi olla tarkkana ja nopea havainnoimaan tilannetta. Leikkaustilanteiden videointi olisi antanut paremmat mahdollisuudet tarkastella kunnolla henkilökunnan toimintaa säteilyä käytettäessä. Oman haasteensa mittauksiin toi myös leikkausten päivystyksellinen luonne sekä se, että mittausjaksomme aikana ei C-kaariavusteisia leikkauksia ollut niin paljon kuin yleensä. Vaikka mittausajanjakso oli suunniteltua pidempi, emme saaneet niin suurta otosta kuin aluksi ajattelimme. Vaikka leikkaussalihenkilökunta suhtautui tutkimuksemme tekoon erittäin positiivisesti, ajoittain koimme haastavaksi sen, että saimme mittarit ajoissa oikeille henkilöille. Leikkauksissa oli usein monta kirurgia, eikä mittari aina ollutkaan loppujen lopuksi operoivalla kirurgilla, kun leikkauksen aikana hän vaihtui. Tämä ei kuitenkaan merkittävästi vaikuttanut tutkimustuloksiin, koska myös avustavat kirurgit olivat usein sijoittuneena melkein yhtä lähelle kuin operoivakin kirurgi.

Jatkotutkimusehdotuksena voisi ajatella tutkimusta, jossa mitattaisiin henkilökunnan säteilyannoksia vain tietyntyylisissä leikkauksissa. Aineisto voisi koostua esimerkiksi pelkästään reisiluunpään ydinnaulaus -leikkauksista. Toisaalta voisi olla myös mielenkiintoista tarkastella yksityiskohtaisemmin leikkaussalihenkilökunnan toimintaa ja sen vaikutuksia säteilyaltistukseen. Tällöin otanta voisi olla pienempi, mutta leikkaustilanteet voisi videoida tarkempaa tarkastelua varten. Myös jonkinlainen tuote säteilyturvallisuudesta C-kaarta käytettäessä voisi olla tarpeellinen. Esimerkiksi juliste tai pikaopas, jonka avulla uusikin työntekijä voisi nopeasti omaksua turvalliset työkäytännöt C-kaariavusteisiin leikkauksiin.

LÄHTEET

Agarwal, A. 2011. Radiation Risk to Orthopedic Surgery: Ways to Protect Yourself and the Patient. *Operative Techniques in Sports Medicine* 19, 220-223.

Davros, W. 2007. Fluoroscopy: basic science, optimal use and patient/operator protection. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management* 11 (2), 44–54.

Doseco. 2012a. Henkilöannosmittaukset. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/henkiloannosmittaukset>.

Doseco. 2012b. Mittauspalvelu. Hyväksytty mittauspalvelu. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/mittauspalvelu>.

Doseco. 2012c. Mittausmenetelmät. Henkilödosimetri. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/henkilodosimetri>.

Doseco. 2012d. Mittausmenetelmät. Termoloistedosimetri. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/termoloistedosimetri>.

Doseco. 2012e. Mittausmenetelmät. DIS. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/dis>.

Doseco 2012f. Henkilöannosmittaukset. Dosimetrin käyttäminen. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/dosimetrinkayttaminen>.

Doseco 2012g. Henkilöannosmittaukset. Sormi - ja silmädosimetri. Hakupäivä 30.5.2012, <http://www.doseco.fi/sormijasilmadosimetri>.

EMAN, European Medical ALARA Network. 2012 Radiological procedures performed outside the radiological departments (WP 3). Synthesis document on

the impacts on patient and staff exposure and the state of the art of optimisation, including equipment standards and performances. Hakupäivä 16.4.2014, http://eman-network.eu/IMG/pdf/WG3_Synthesis_doc-2.pdf.

EMAN, European Medical ALARA Network. Säteilysuojelu leikkaussalissa. C-arm poster – finnish version. Hakupäivä 28.4.2014, http://www.eman-network.eu/IMG/pdf/C-bue_poster_finnish-2.pdf

European commission, 2014. Radiation protection no 175. Guidelines on radiation protection education and training of medical professionals in the European Union. Hakupäivä 30.3.2014, http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/175.pdf.

Fernandez, J., Sanchez, R. & Vano, E. 2011. Occupational dosimetry in real time. Benefits for interventional radiology. Radiation Measurements, 1–4.

Harstall, R., Heini, P., Mini R. & Orlor, R. 2005. Radiation Exposure to the Surgeon During Fluoroscopically Assisted Percutaneous Vertebroplasty. Spine 60 (6), 1893-1898.

Heikkilä, P. 2013. Säteilyn käyttötavat leikkaussaleissa - Kartoitukset säteilynkäytön turvallisuuskulttuuriin vaikuttavista tekijöistä suomalaisissa leikkaussaleissa. Pro Gradu – tutkielma.

Heikkilä, Tarja. 2008. Tilastollinen tutkimus. Helsinki, EDITA.

Henner, A. & Manninen, A-L. 2011. DoseAware system in dose optimization of the staff. Nordic Congress Lifelong Imaging: From Prevention to Patient Centered Care. Maarianhamina. 8.-10.6.2011.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2004. Tutki ja kirjoita. Jyväskylä: TAMMI, 131.

International Commission on Radiological Protection. 2010. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. ICRP Publication 117. Ann. ICRP 40(6).

International Commission on Radiological Protection. 2000. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30(2).

Jurvelin, J. 2005. Radiologisen kuvantamisen fysiikka ja tekniikka sekä varjoaineet. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, H. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.) Radiologia. Helsinki: WSOY, 11–76.

Kaliakmanis, A., Koulentianos, E., Papachristou, G., Pneumaticos, S., Tsala-foutas, J., Tsapaki, V. & Tsoronis, F. 2008. Estimation of radiation doses to patients and surgeons from various fluoroscopically guided orthopaedic surgeries. Radiation Protection Dosimetry 128 (1), 112–119.

Kananen Jorma. 2008. Kvantti. Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, 10.

Katisko, J. & Mäkelä, T. 2008. Säteilyannokseen vaikuttavat asiat – perusasioita. Hakupäivä 10.5.2012,
http://www.sadeturvapaivat.fi/index.php?id=688&cat_ids=#cat14.

Manninen, A-L. 2011. Uudet läpivalaisulaitteet, muuttuuko säteilyannos? Hakupäivä 16.5.2012,
http://www.sadeturvapaivat.fi/index.php?id=688&cat_ids=#cat14.

Martin, C.J. 2011. Personal dosimetry for interventional operators: when and how should monitoring be done? The British Journal of Radiology 84, 639–648.

Nikolaus, A. 2011. Radiation exposure and protection in the cath-lab. The Philips DoseAware system.

Paasonen, T. 2011. Terveysthuollon henkilöstön perus- ja jatkokoulutukseen sisältyvä säteilysuojelukoulutus Suomessa 2010. Säteilyturvakeskus.

Paile, W. 2005. Säteilysuojelu. Säteilyn biologiset vaikutukset. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, H. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.) Radiologia. Helsinki: WSOY, 78–82.

Philips Healthcare. 2009. Käyttöohje - DoseAware Dose Manager Package, Käsikirjanversio 1.0.

Philips. 2012. DoseAware Personal Dose Meter System. Hakupäivä 20.5.2012 <http://www.healthcare.philips.com/main/products/solutions/doseaware/>.

Rehani, M.M., Ciraj-Bjelac, O., Vaño, E., Miller, D.L., Walsh, S., Giordano, B.D., Persliden J. 2010. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. ICRP Publication 117, Ann. ICRP 40(6).

Riihinen, H. 2006. Leikkaussalihenkilökunnan sormet alttiina säteilylle. Pinsetti 3/06, 16-18.

Singh, P., Perera, N. & Dega, R. 2007. Measurement of the dose of radiation to the surgeon during surgery to the foot and ankle. The Journal of Bone and Joint Surgery 89-B (8), 1060-1063.

Säteilyaltistuksen enimmäisarvojen soveltaminen ja säteilyannoksen laskemisperusteet. 2007. ST-ohje 7.2. Säteilyturvakeskus. Hakupäivä 24.4.2014, http://www.finlex.fi/data/normit/4406-7_2.pdf.

Säteilyaltistuksen seuranta. 2007. ST-ohje 7.1. Säteilyturvakeskus. Hakupäivä 19.5.2012, http://www.finlex.fi/data/normit/2745-7_1.pdf.

Säteilyasetus 20.12.1991/1512. 1991. Hakupäivä 19.5.2012, <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19911512>.

Säteilylaki 20.12.1991/592. 1991. Hakupäivä 19.5.2012,
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1991/19910592>.

Säteilysuojelukoulutus terveydenhuollossa. 2012. ST-ohje 1.7. Säteilyturvakeskus. Hakupäivä 24.4.2014, <http://www.finlex.fi/data/normit/13830-ST1-7.pdf>.

Säteilyturvallisuus työpaikalla. 2009. ST-ohje 1.6. Säteilyturvakeskus. Hakupäivä 19.5.2012, <http://www.finlex.fi/data/normit/5773-ST1-6.pdf>.

Säteilyturvakeskus. 2014. Säteilytilanne tänään. Hakupäivä 7.4.2014,
http://www.stuk.fi/sateily-ymparistossa/sateilytilanne/fi_FI/sateilytilanne/.

Tapiovaara, M., Pukkila, O. & Miettinen, A. 2004. Röntgensäteily diagnostiikassa. Teoksessa O. Pukkila (toim.) Säteilyn käyttö. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 13-182.

Theocharopoulos, N., Perisinakis, K., Damilakis, J., Papadokostakis, G., Hadjipavlou, A., & Gourtsoyiannis, N. 2003. Occupational Exposure from Common Fluoroscopic Projections Used in Orthopaedic Surgery. The Journal of Bone & Joint surgery 85-A (9), 1698–1703.

Tsalafoutas, J., Tsapaki, V., Kaliakmanis, A., Pneumaticos, S., Tsoroni, F., Koulentianos, E. & Papachristou, G. 2008. Estimation of radiation doses to patients and surgeons from various fluoroscopically guided orthopaedic surgeries. Radiation Protection Dosimetry 128 (1), 112–119.

Vilkka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: TAMMI, 14, 173.

Väänänen, M. 2014. Kasvojen alueen säteilyannokset ja säteilyn sironta kartiokeilatietokonetomografiatutkimuksissa. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu, 21-22.

Wirtanen, M. 2012. C-kaarityöskentely leikkaussalissa. Abstrakti. Sädeturvapäivät, 47-50.

Uusitalo, H. 2001. Tiede, tutkimus ja tutkielma. Johdatus tutkielman maailmaan. Juva: WSOY, 89-90.

LIITE 1

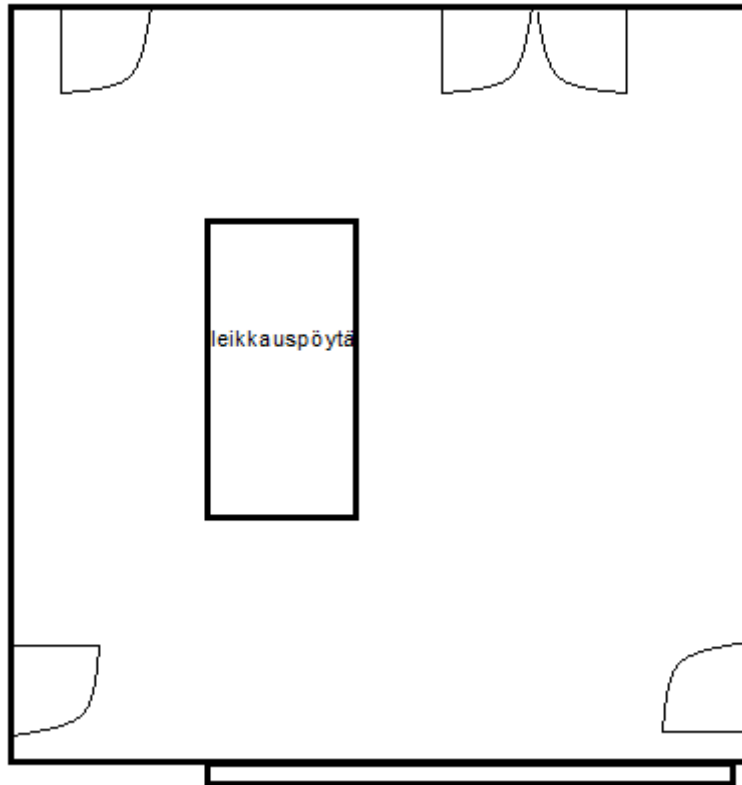
Havainnointilomake

Leikkaustoimenpide:

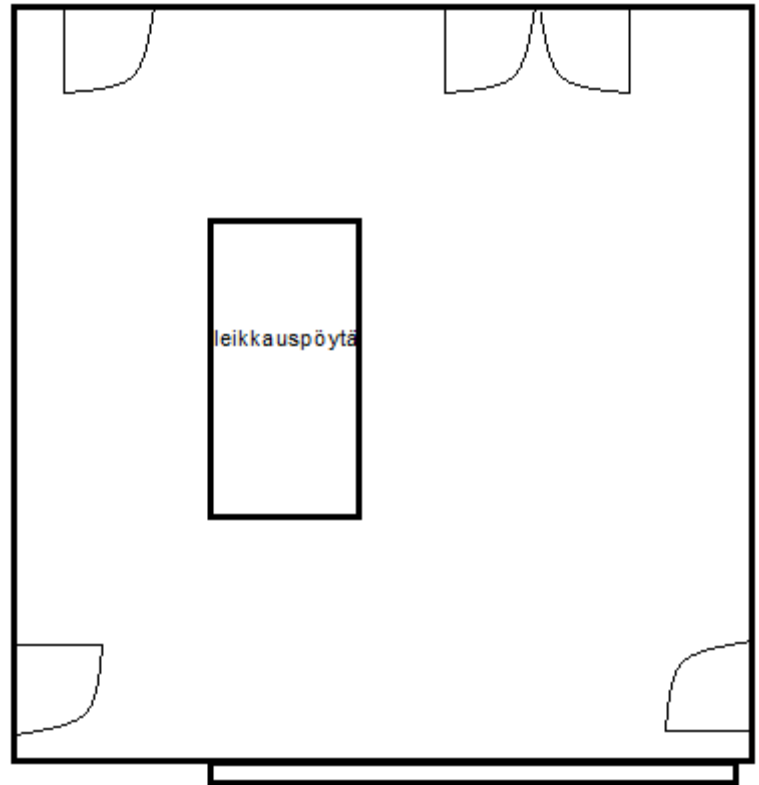
Päivämäärä:

Klo:

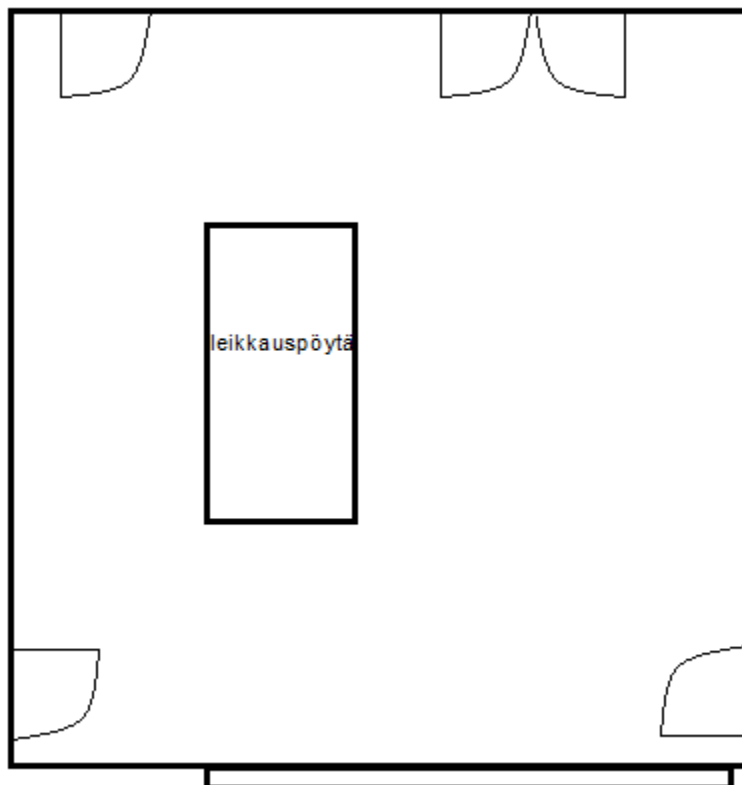
Leikkaussalin numero 9:n pohjapiirros. Henkilökunnan ja C-kaaren sijainti jokaisen läpivalaisun aikana.



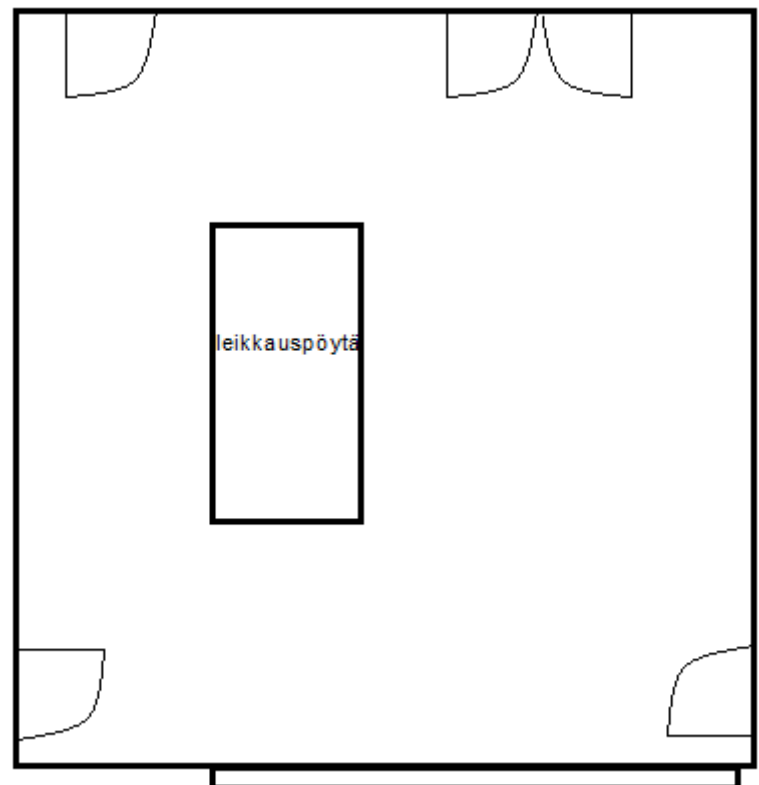
ikkuna



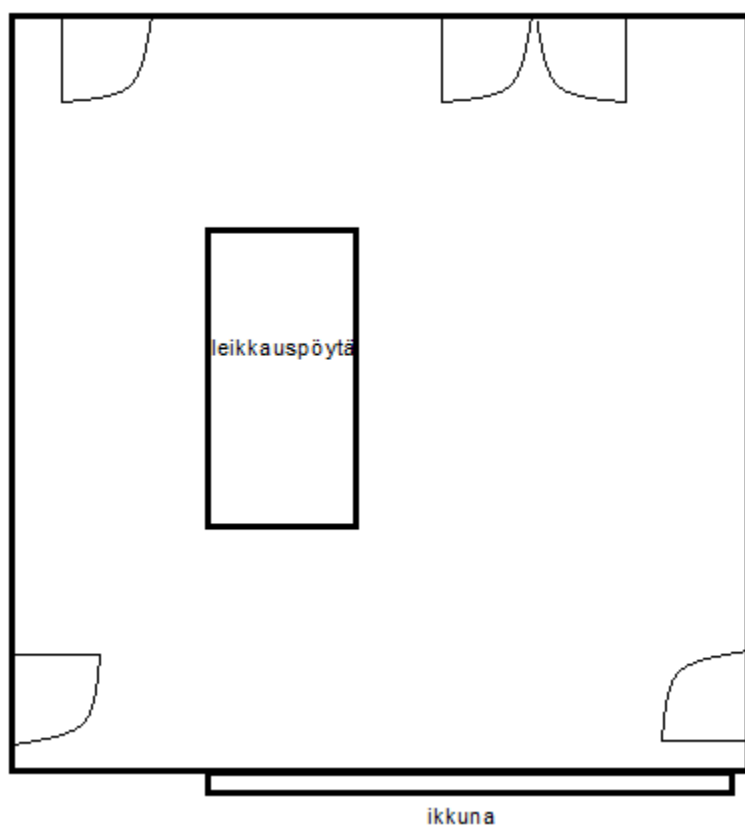
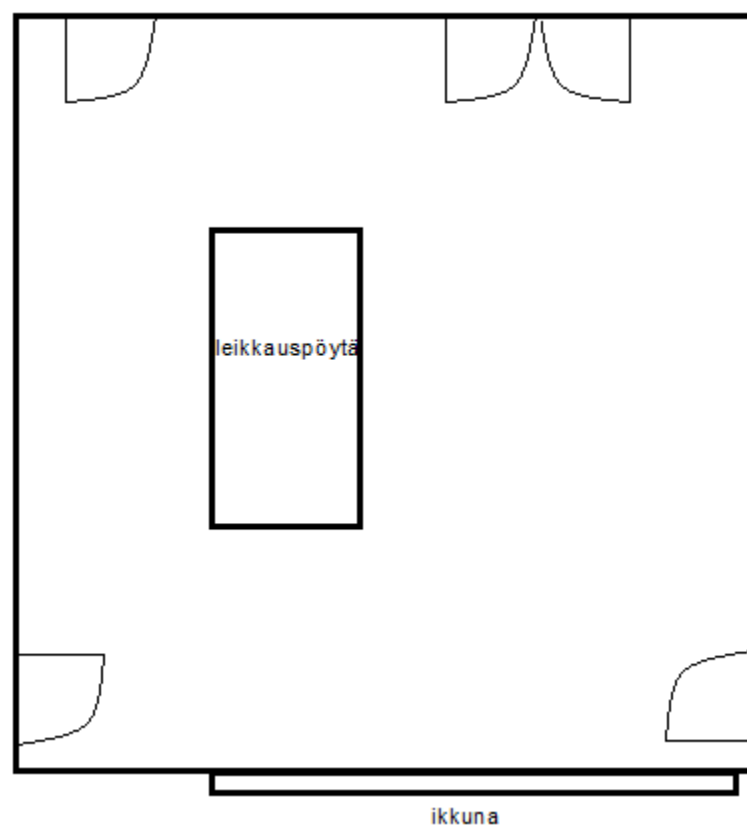
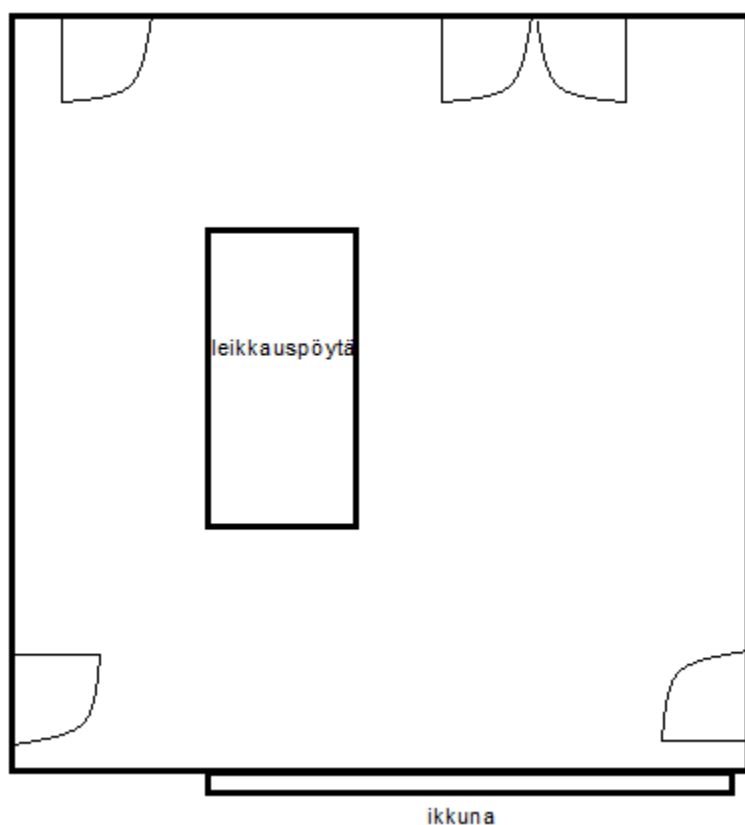
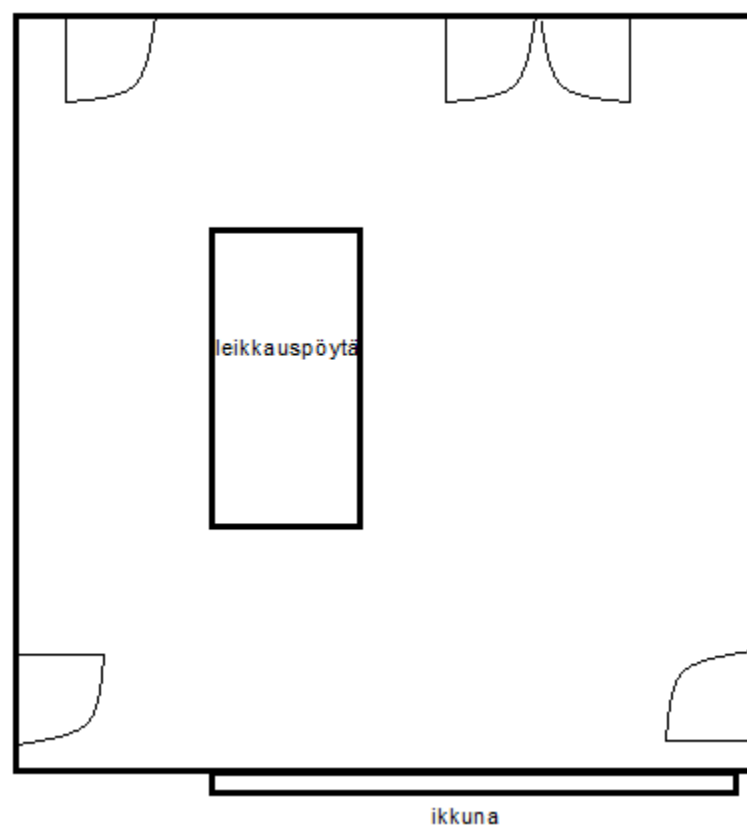
ikkuna



ikkuna



ikkuna



Säteilyn käytön aikana salissa olevien henkilöiden säteilysuojat ja havainnointi toiminnasta:

KIRURGI	
Säteilysuojat	
Muu toiminta	

INSTRUMENTTI- HOITAJA	
Säteilysuojat	
Muu toiminta	

ANESTESIA- HOITAJA	
Säteilysuojat	
Muu toiminta	

LÄÄKINTÄ- VAHTIMESTARI	
Säteilysuojat	
Muu toiminta	

Kuvausarvot:

Läpivalaisuaika:

Potilaan säteilyannos:

Käytetty ohjelma:

Leikkaus 1

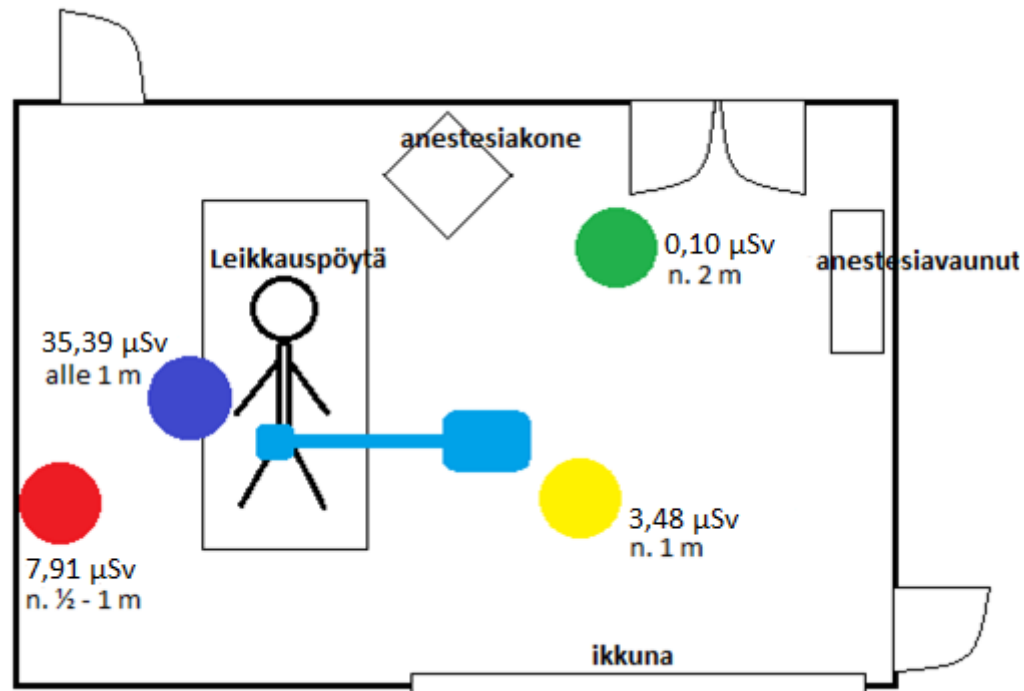
Nimi: Reisiluunpään ydinnaulaus

Kuvausarvot: 82 kV ja 7,2 mA

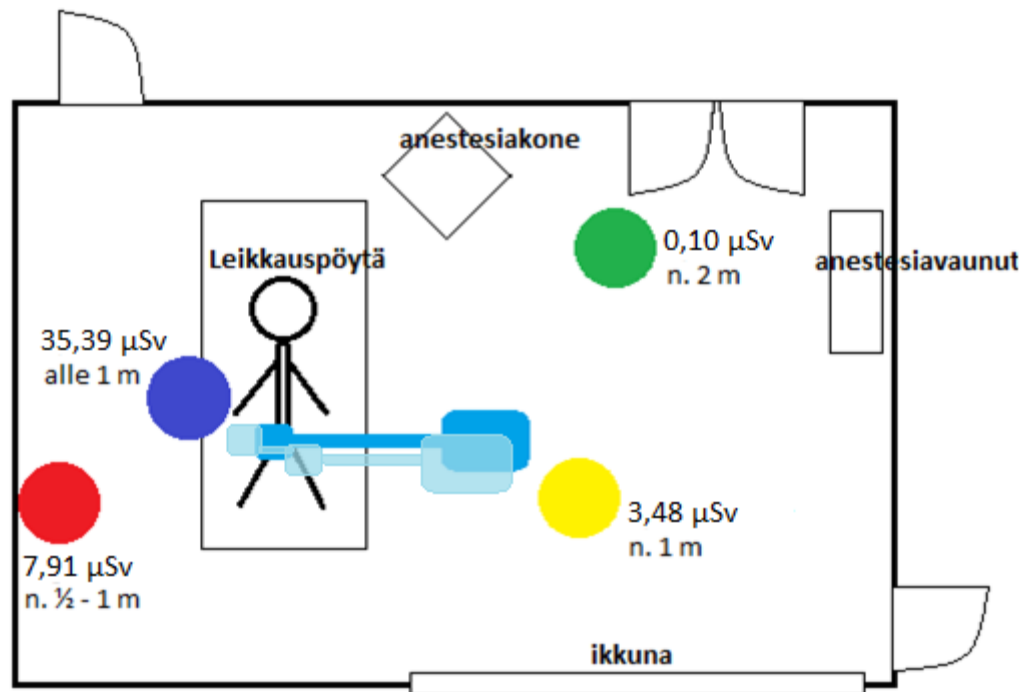
Potilaan säteilyannos: 403,3 cGycm²

Käytetty ohjelma: 25 pulses/s

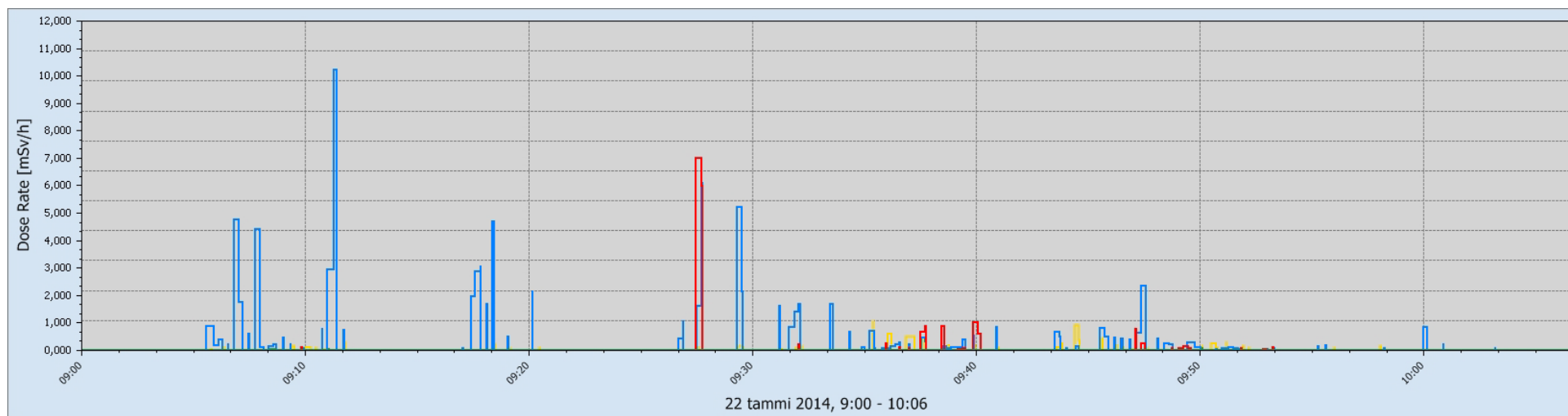
Läpivalaisuaika: 1,44 min



Leikkaussalin 9 pohjapiirros. Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 1. leikkauksessa.



C-kaaren asento sekä posterior - anterior (PA) suunnassa eli taka – etu suunnassa (tumman sininen C-kaari) että horisontaalisesti (vaalean sininen C-kaari) läpivalaistaessa. Horisontaalisesti läpivalaistaessa detektori on potilaan nivusten lähellä sekä putki potilaan lonkan oikealla puolella.



Henkilökunnan annosnopeudet 1. leikkauksessa.

Leikkaus 2

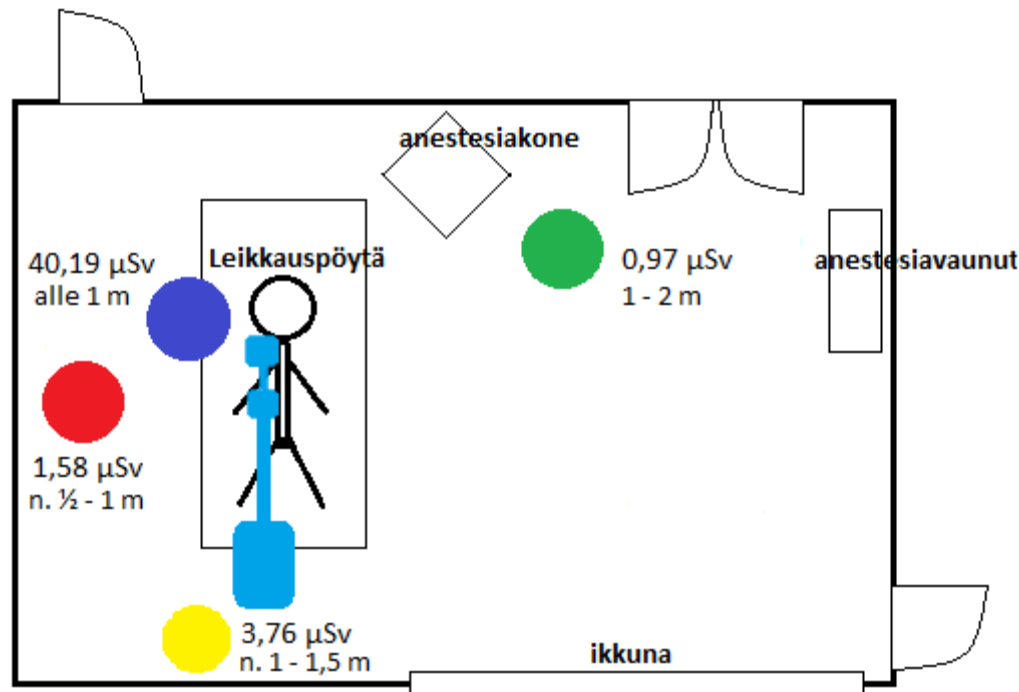
Nimi: Olkaluun ydinnaulaus

Potilaan säteilyannos: 233,8 cGycm²

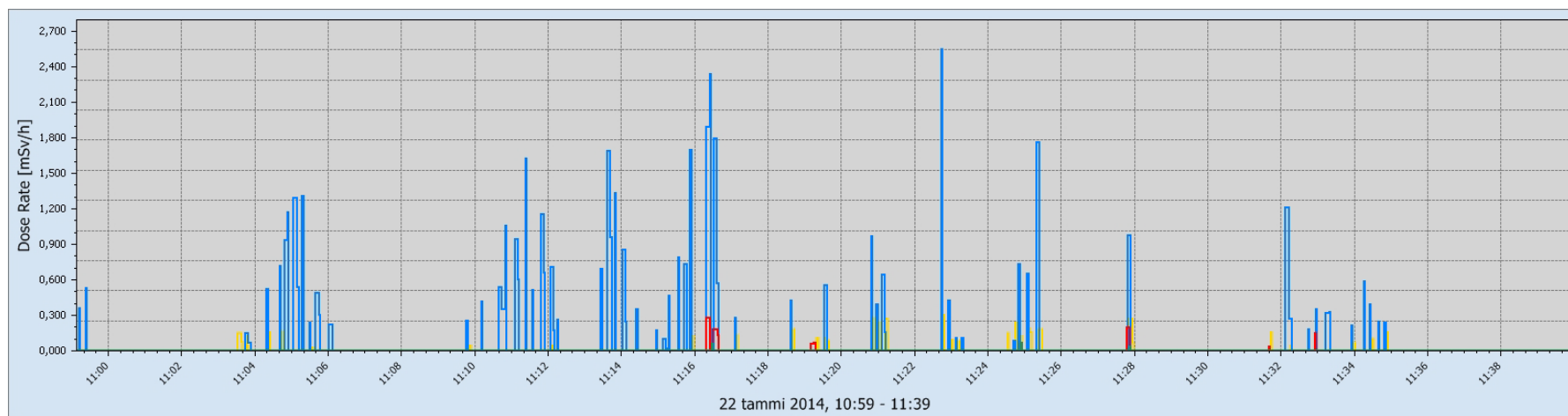
Läpivalaisuaika: 1,58 min

Kuvausarvot: 57 kV ja 3,4 mA

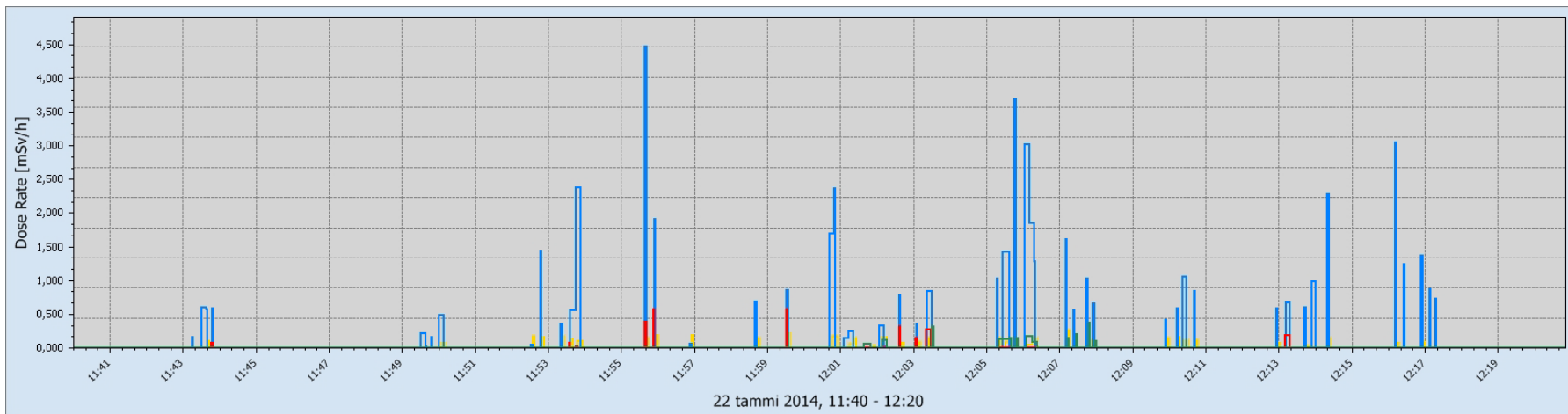
Käytetty ohjelma: 25 pulses/s, 57 % width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 2. leikkauksessa. C-kaaren putki on potilaan olkapään alapuolella sekä detektori yläpuolella, potilaan asento on ylävartalosta koholla niin että läpivalaisu on tehty horisontaalisesti.



Henkilökunnan annosnopeudet 2. leikkauksessa.



Henkilökunnan annosnopeudet 2. leikkauksessa.

Leikkaus 3

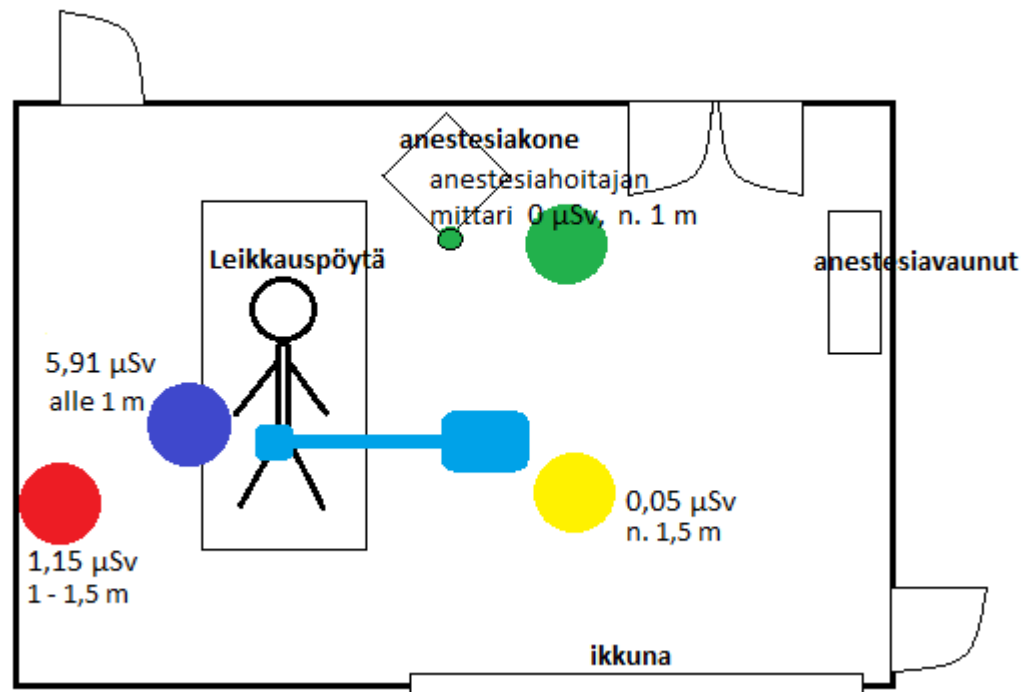
Nimi: Collum ruuvien vaihto lonkkaan

Potilaan säteilyannos: 40,8 cGyCm²

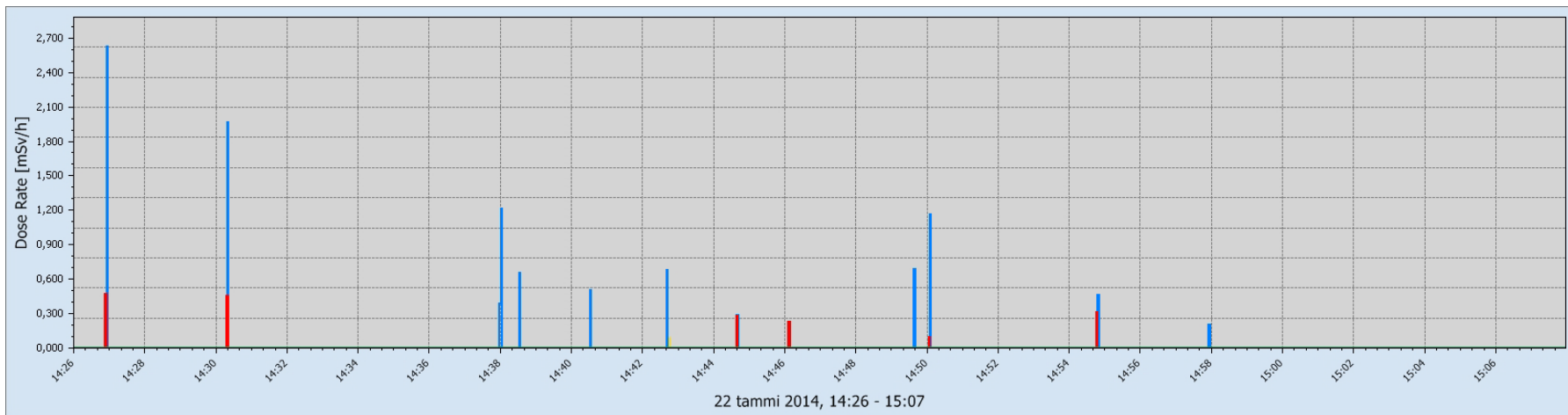
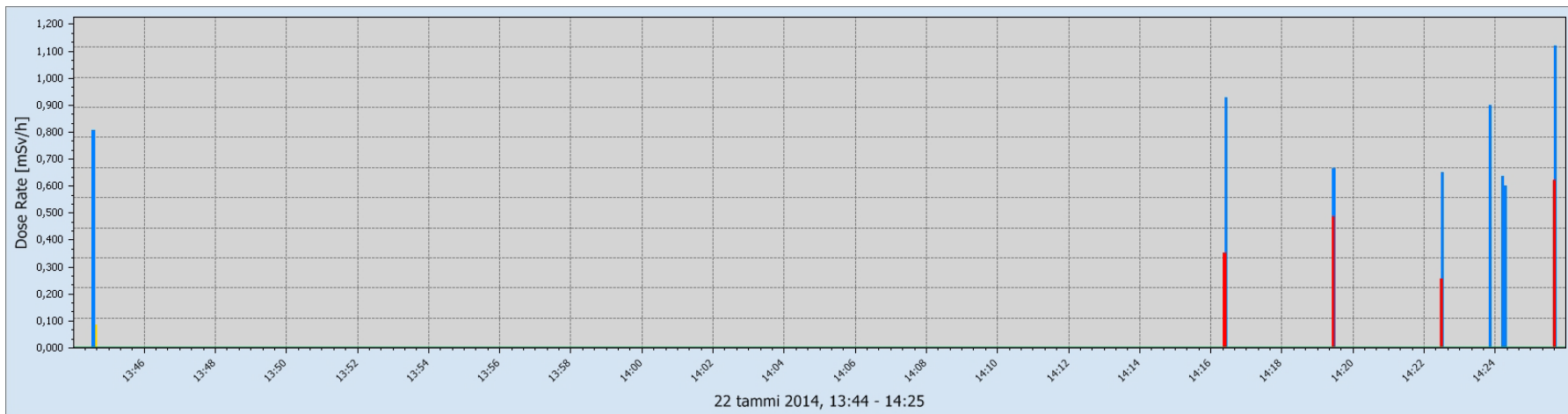
Läpivalaisuaika: 0,13 min

Kuvausarvot: 83 kV, 7,3 mA

Käytetty ohjelma: 4 pulses/s, 57 % pulse width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 3. leikkauksessa. C-kaaren putki on potilaan alapuolella sekä detektori lonkan yläpuolella. Anestesiahoitajan (vihreä) mittari on kiinni anestesiakoneessa noin yhden metrin päässä säteilyn lähteestä.



Henkilökunnan annosnopeudet 3. leikkauksessa.

Leikkaus 4

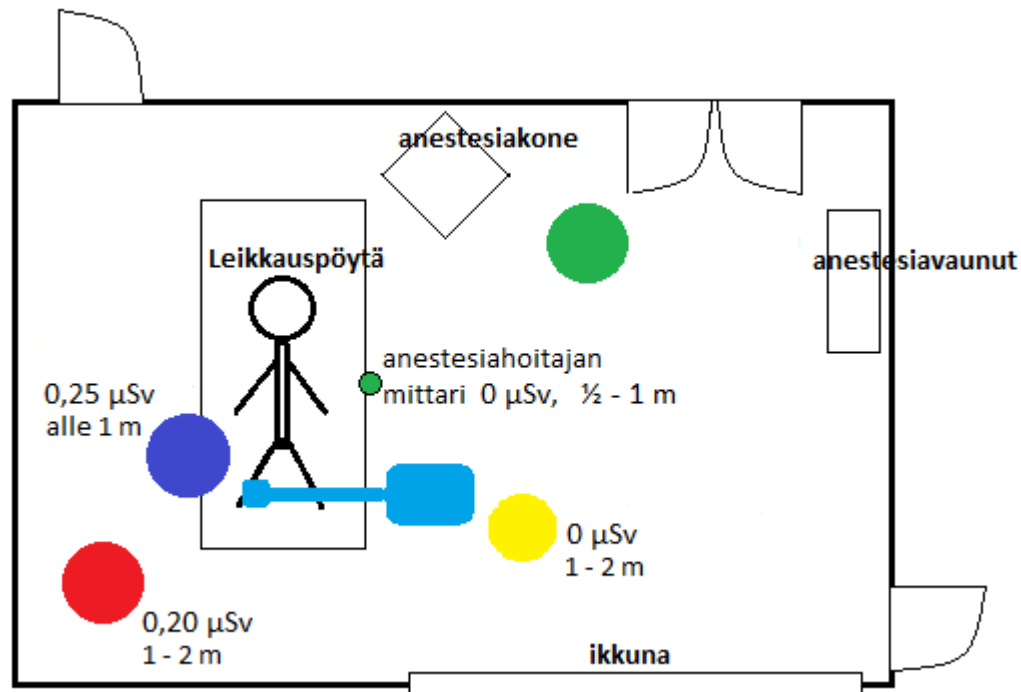
Nimi: Nilkkamurtuman leikkaus

Potilaan säteilyaltistus: 7,5 cGycm²

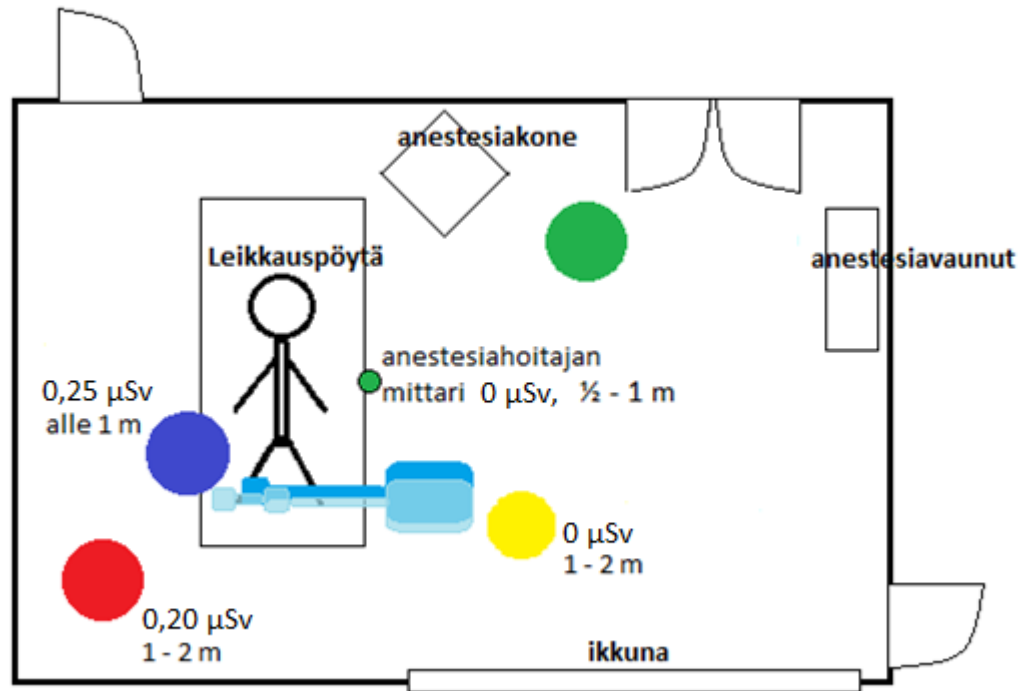
Läpivalaisuaika: 0,13 min

Kuvausarvot: 55 kV ja 3,6 mA

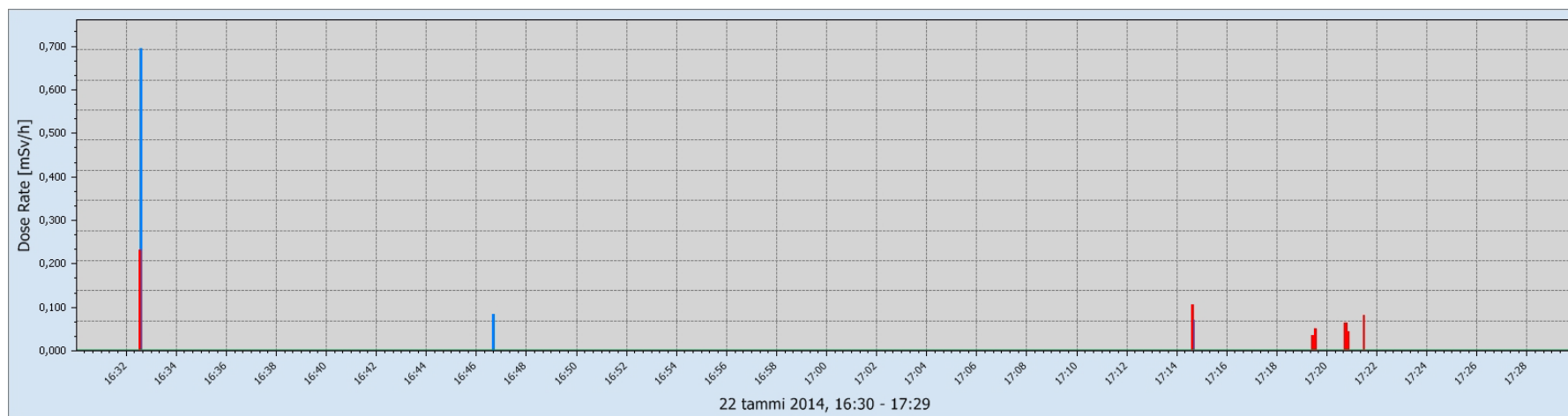
Käytetty ohjelma: 4 pulses/s, 57 % pulse width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 4. leikkauksessa. Anestesiahoitajan (vihreä) mittari on kiinni leikkauspöydän reunassa noin ½ - 1 metrin päässä säteilyn lähteestä. C-kaaren putki on potilaan nilkan alapuolella sekä detektori nilkan yläpuolella.



C-kaaren asento PA:na ja horisontaalisesti läpivalaistaessa. Horisontaalisesti (vaalean sininen C-kaari) läpivalaistaessa detektori on potilaan oikean nilkan vasemmalla puolella ja putki oikealla puolella.



Henkilökunnan annosnopeudet 4. leikkauksessa.

Leikkaus 5

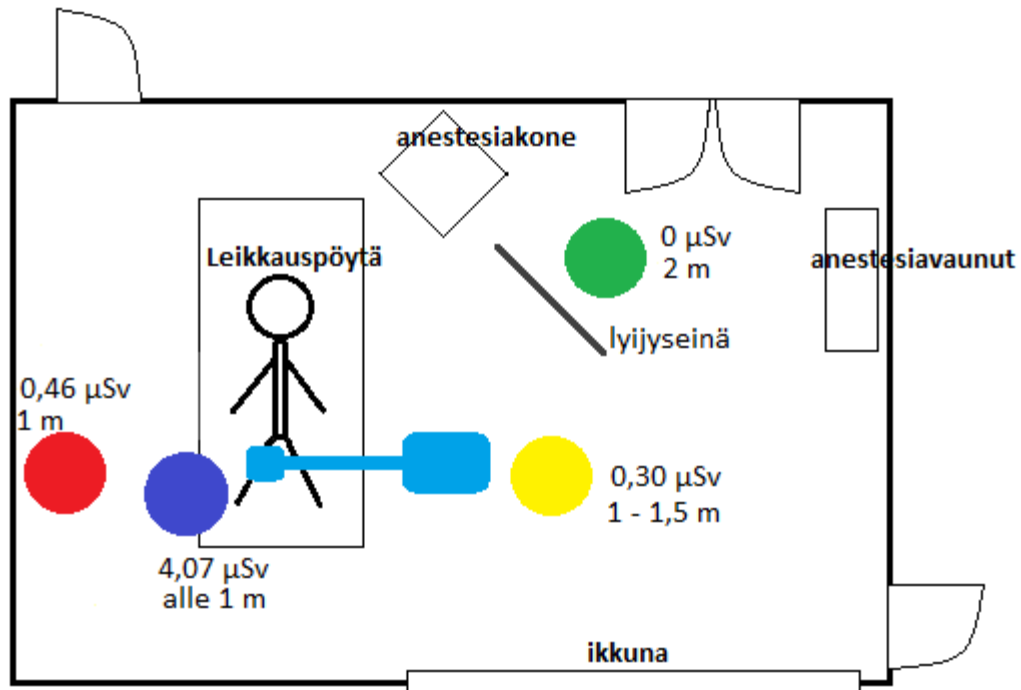
Nimi: Säären ydinnaulaus

Potilaan säteilyaltistus: 101,4 cGycm²

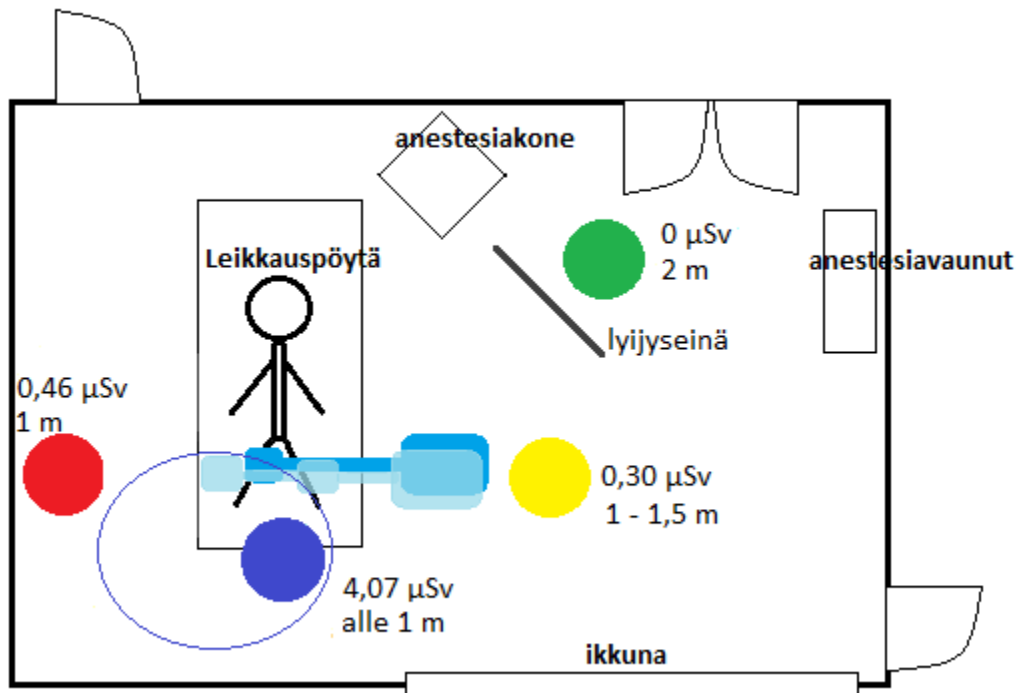
Läpivalaisuaika: 1,43 min

Kuvausarvot: 68 kV ja 13,9 mA (ajoittain pienempi e. 52 kV ja 3,2 mA)

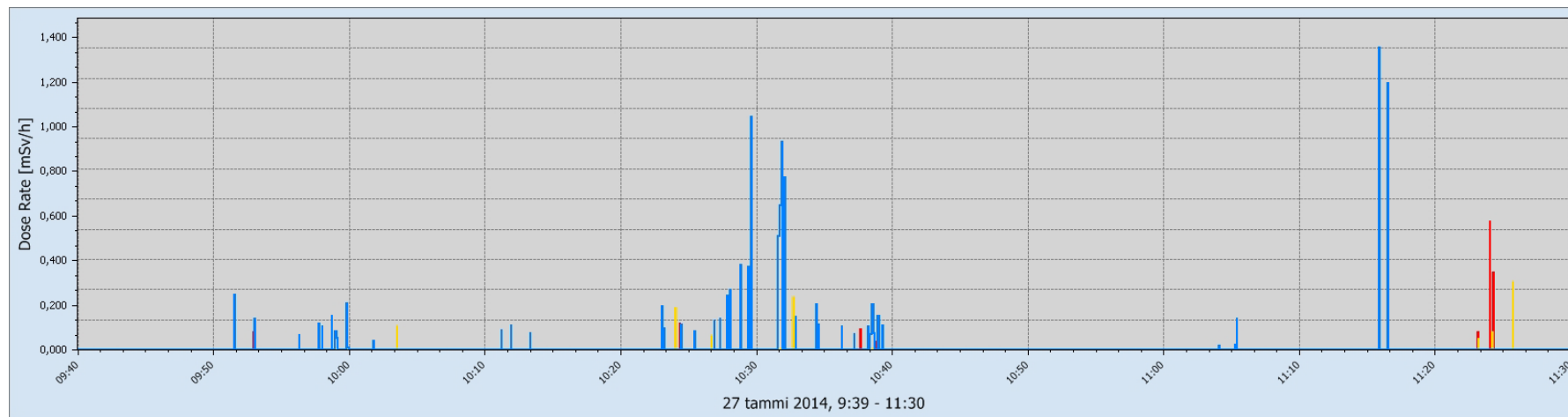
Käytetty ohjelma: 0 pulses/s, 57 % pulse width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 5. leikkauksessa.



Kuvassa kirurgi (sininen ympyrä) liikkui kuvaan piirretyn sinisen ympyrän alueella horisontaalisesti läpivalaistaessa. C-kaaren (vaalean sininen C-kaari) detektori on säären oikealla ja putki jalkojen välissä säären vasemmalla puolella. Potilaan jalka oli kohotettuna ja polvesta hieman taitettuna. PA:na läpivalaistaessa C-kaari (tumman sininen) oli hieman kipattuna siten että putki ja detektori olivat viistottuna enemmän jalkopään suuntaan kuin vartaloon.



Henkilökunnan annosnopeudet 5. leikkauksessa.

Leikkaus 6

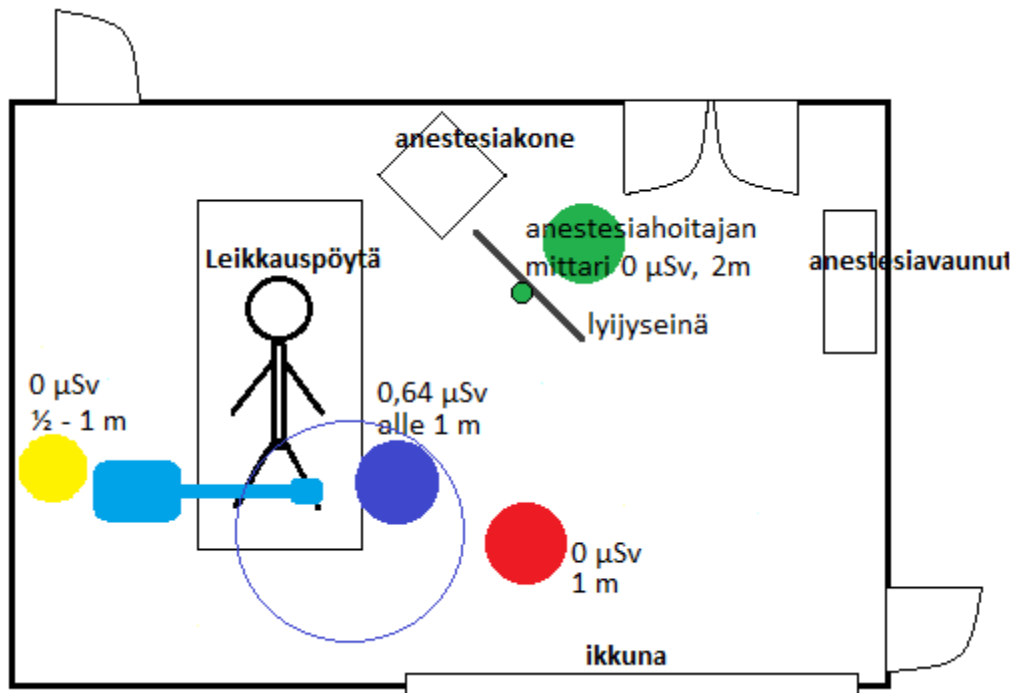
Nimi: Nilkkamurtuman leikkaus

Potilaan säteilyaltistus: 7,0 cGycm²

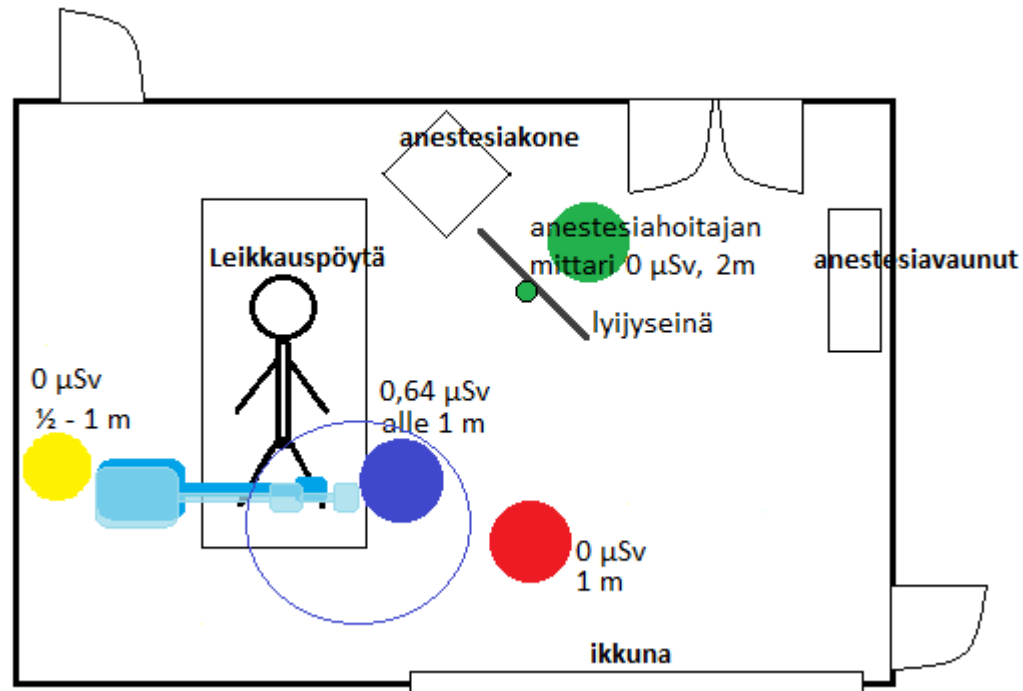
Läpivalaisuaika: 0,14 min

Kuvausarvot: 54 kV ja 3,5 mA

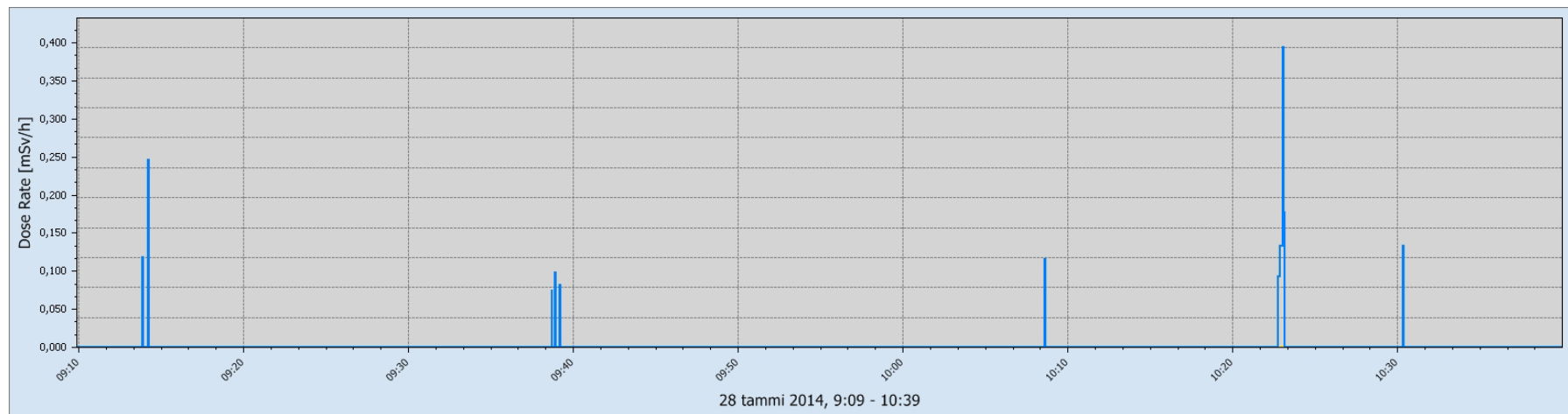
Käytetty ohjelma: -



Kirurgin (sininen ympyrä) sijoittuminen/liikkuminen (suuri sininen ympyrä) nilkan PA läpivalaisun aikana leikkauksessa 6. Anestesiahoitajan (vihreä) mittari on kiinnitettynä lyijyseinän etulasiiin.



C-kaaren asento 6. leikkauksessa. Horisontaalisesti läpivalaistaessa (vaalean sininen C-kaari) röntgenputki on nilkan vasemmalla puolella eli lähempänä kirurgia (pieni sininen ympyrä) ja detektori nilkan oikealla puolella eli lähempänä lääkintävahtimestaria (keltainen).



Henkilökunnan annosnopeudet 6. leikkauksessa.

Leikkaus 7

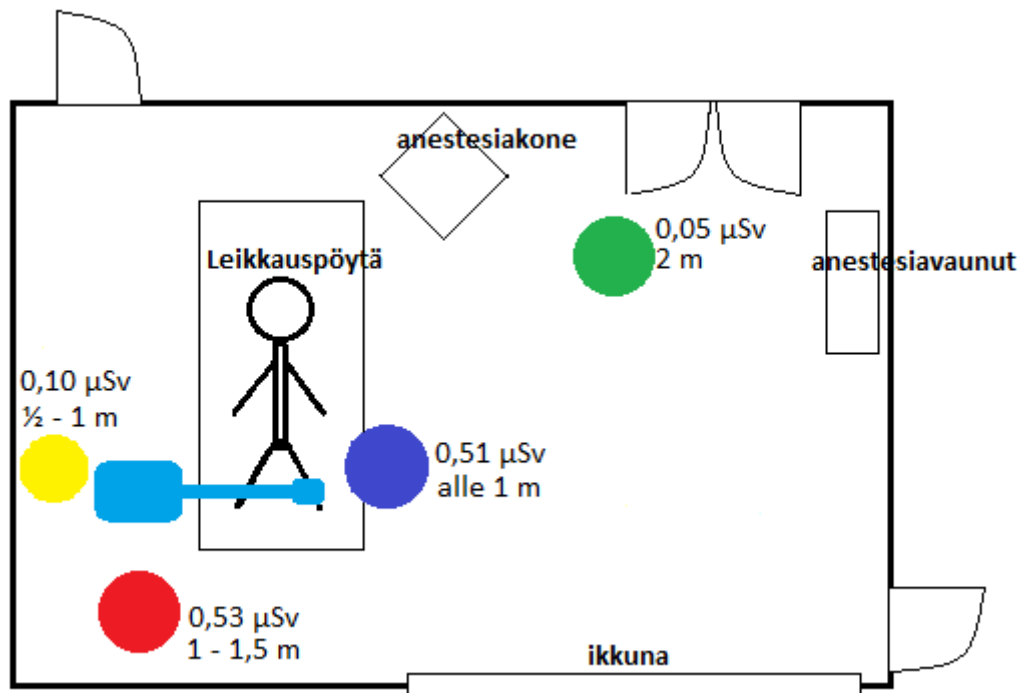
Nimi: Ulkoisen kehikon asentaminen polveen

Potilaan säteilyaltistus: 32,5 cGycm²

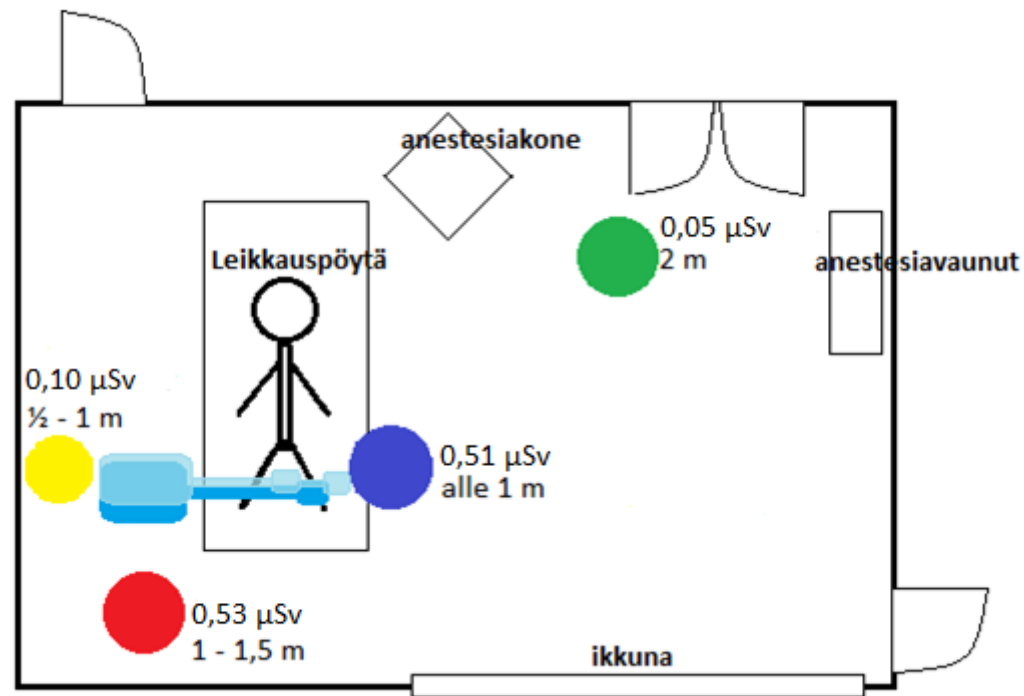
Läpivalaisuaika: 0,25 min

Kuvausarvot: 59 kV ja 8,7 mA

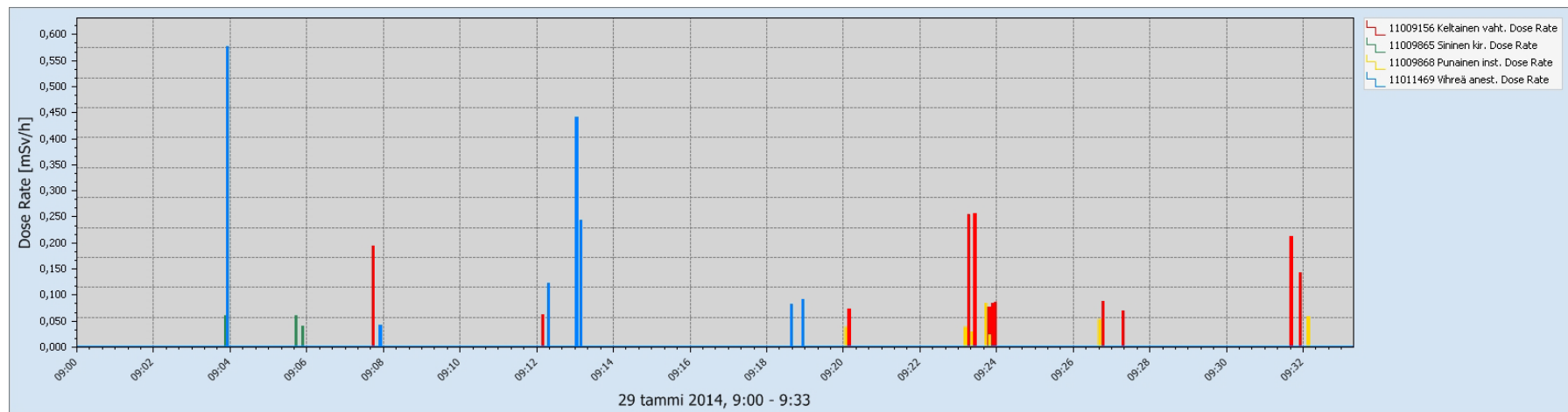
Käytetty ohjelma: 57 % pulse width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 7. leikkauksessa.



C-kaaren sijoittuminen PA (tumman sininen) ja horisontaali (vaalean sininen C-kaari) läpivalaisussa. PA:na läpivalaistaessa detektori oli potilaan polven yläpuolella ja putki polven alapuolella. Horisontaalisesti läpivalaistaessa detektori oli potilaan vasemmalla puolella eli lähempänä lääkintävahtimestaria (keltainen) sekä putki polven oikealla puolella.



Henkilökunnan annosnopeudet 7. leikkauksessa.

Leikkaus 8

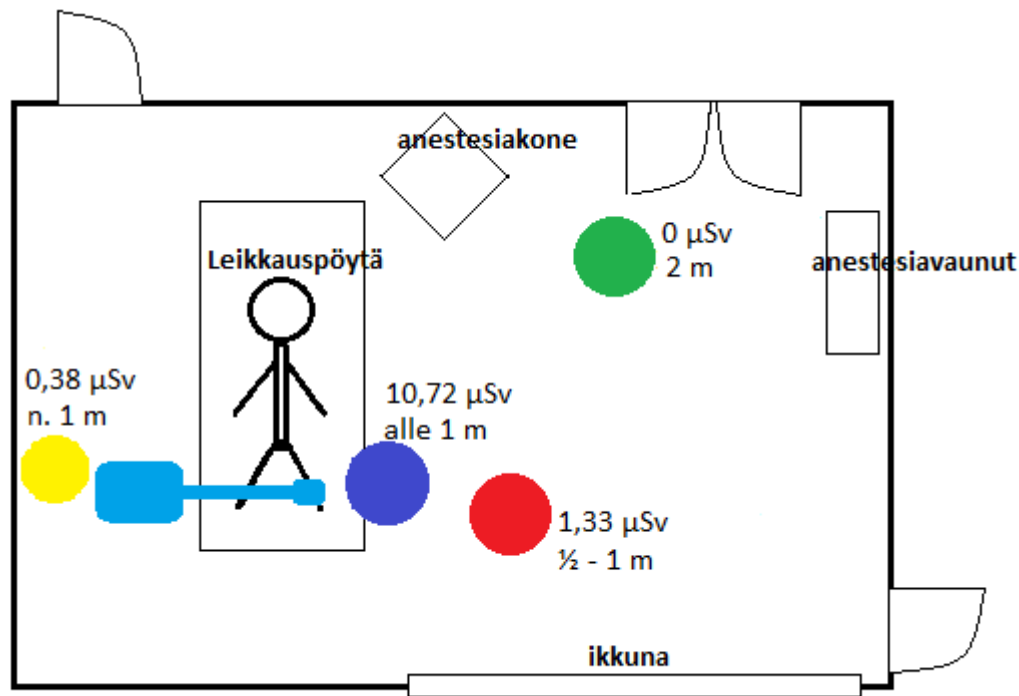
Nimi: Nilkkamurtuman uudelleenlevytys

Potilaan säteilyaltistus: 91,1 cGycm²

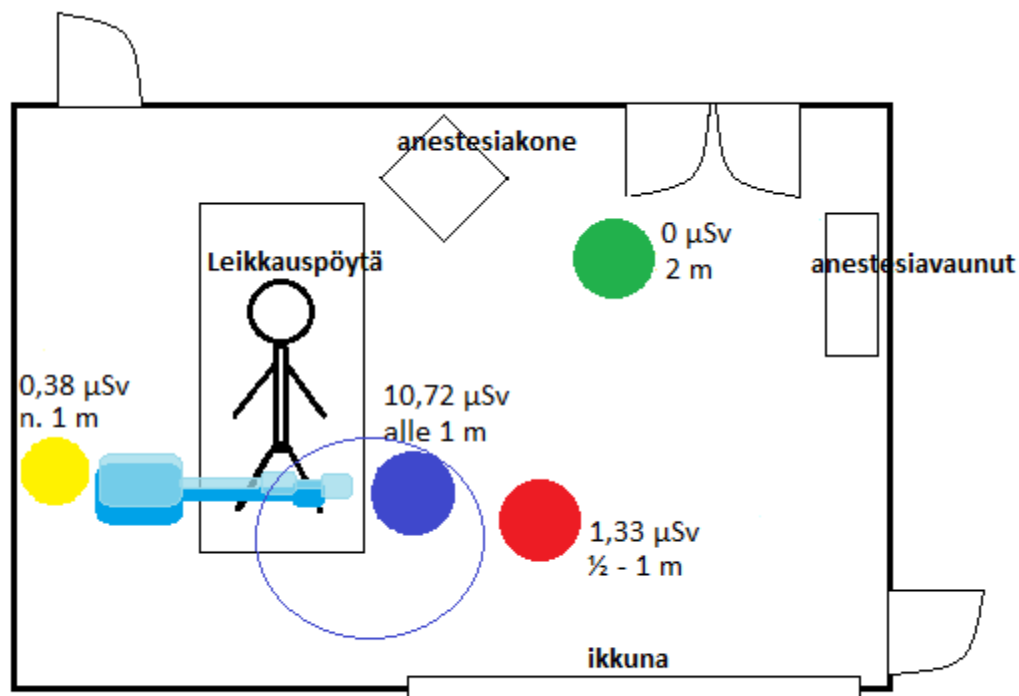
Läpivalaisuaika: 1,30 min

Kuvausarvot: 52 kV ja 4,2 mA

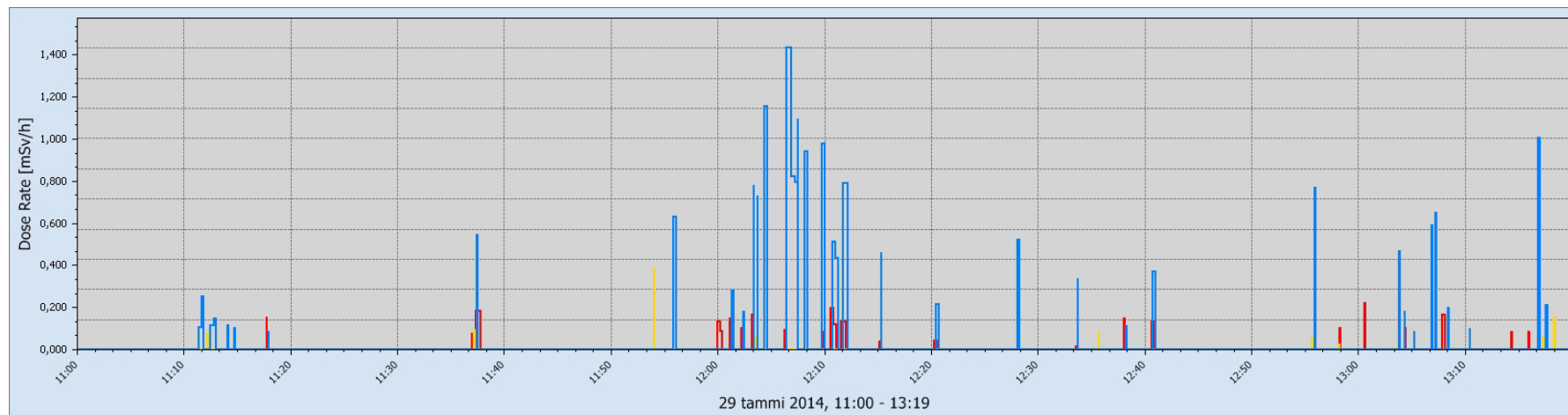
Käytetty ohjelma: 57 % pulse width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 8. leikkauksessa.



Horisontaalisesti (vaalean sininen C-kaari) läpivalaistaessa röntgenputki oli leikattavan nilkan oikealla puolella eli lähimpänä kirurgia. Isommalla sinisellä ympyrällä on merkattu kirurgin liikkuvuus alue horisontaali läpivalaisuissa.



Henkilökunnan annosnopeudet 8. leikkauksessa.

Leikkaus 9

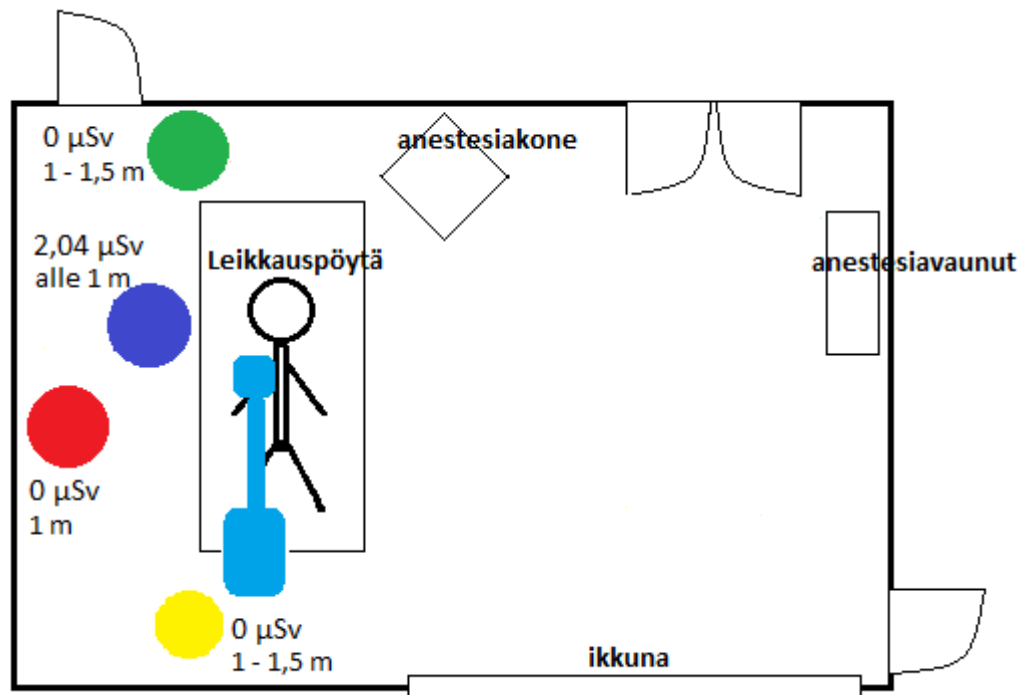
Nimi: Oikean olkapään sekä vasemman ranteen leikkaus

Potilaan säteilyaltistus: -

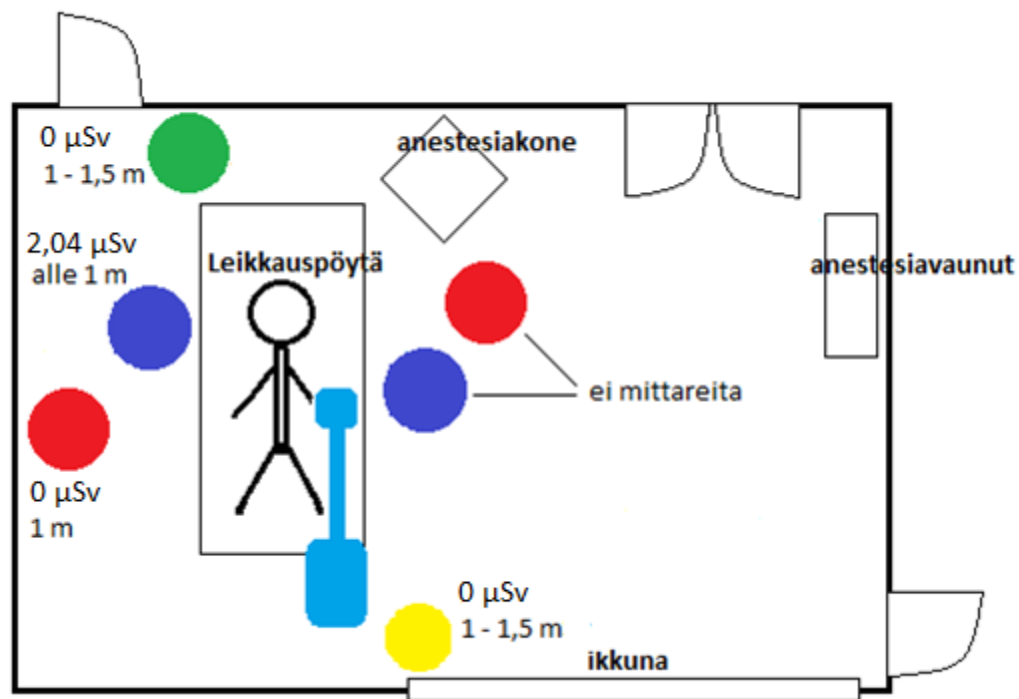
Läpivalaisuaika: 0,20 min

Kuvausarvot: 51 kV ja 3,3 mA

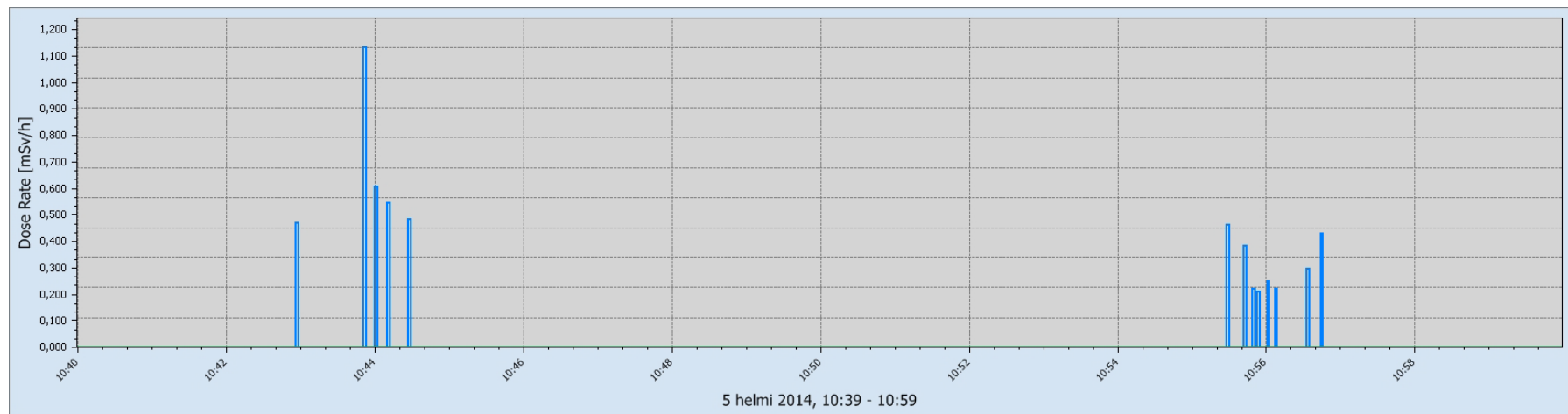
Käytetty ohjelma: 25 pulses/s, 57 % pulse width



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 9. leikkauksessa.



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä vasemman ranteen leikkauksessa. Olkapäätä ja rannetta leikattiin samaan aikaan, joten salissa oli kaksi kirurgia ja kaksi instrumenttihoitajaa. Rannetta operoivalla henkilökunnalla ei ollut mittareita.



Henkilökunnan annosnopeudet 9. leikkauksessa.

Leikkaus 10

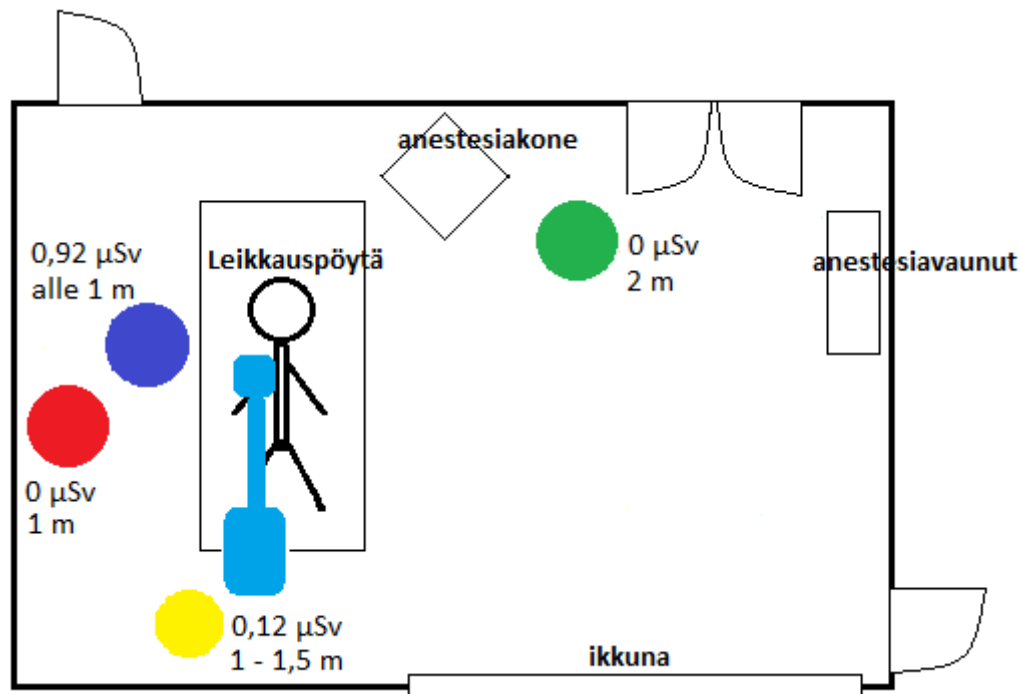
Nimi: Kyynärvarren leikkaus

Kuvausarvot: 53 kV ja 3,5 mA

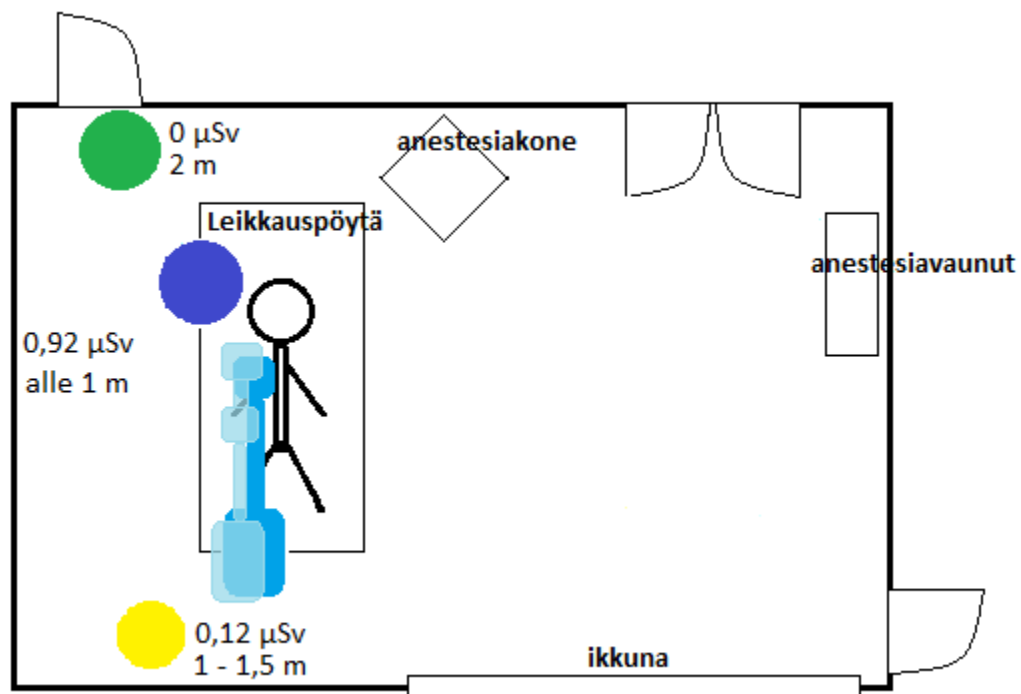
Potilaan säteilyaltistus: 29 cGycm²

Käytetty ohjelma: -

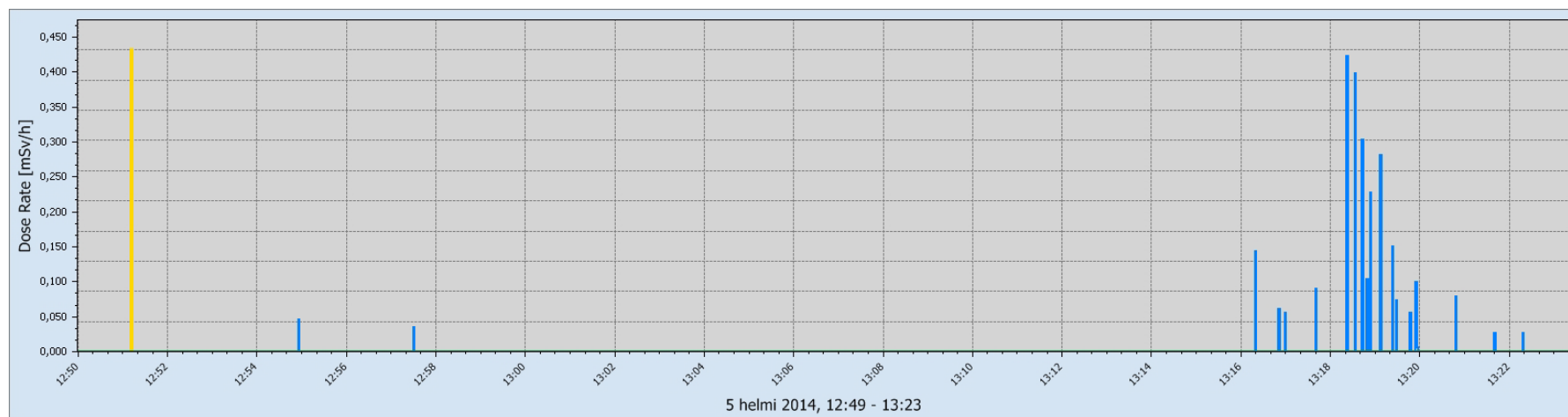
Läpivalaisuaika: 0,46 min



Henkilökunnan säteilyannokset sekä sijoittuminen ja etäisyys säteilyn lähteestä läpivalaisun aikana 10. leikkauksessa.



Leikkauksessa 10. instrumenttihoitaja ei ollut paikalla kun kyynärvartta läpivalaistiin horisontaalisesti. Kirurgi oli lähellä röntgenputkea.



Henkilökunnan annosnopeudet 10. leikkauksessa.